III-18.623

FLORINA GRECU
LAURA COMĂNESCU

18.623

STUDIUL RELIEFULUI

Îndrumător pentru lucrări practice

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BIBL. CENTR. UNIV.
M. „I.M.LESCU" IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE
III-18.623

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

FLORINA GRECU LAURA COMĂNESCU

STUDIUL RELIEFULUI

Îndrumător pentru lucrări practice

625914
B.C.U. IASI

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI
1998

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Referenți științifici : Prof. dr. **MIHAI GRIGORE**
Prof. dr. **MIHAI IELENICZ**

Culegere și tehnoredactare computerizată: ing. Felicia Georgia GRECU
Cartografie: Florina FOLEA, Elena MOCIANU

© Editura Universității din București
Șos. Panduri, 90-92, București - 76235; Telefon 410.23.84

ISBN 973 - 575 - 242 - 5

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUPRINS

Cuvânt înainte (*Mihai Grigore*) 5

1. **Analiza statistică şi aplicarea ei în dinamica reliefului** 7
   1.1. Date generale 7
      1.1.1. Operaţii statistice 7
      1.1.2. Repartiţia şi gruparea datelor 16
      1.1.3. Modele statistice 24
   1.2. Noţiuni, termeni şi simboluri matematice 32
   1.3. Aplicaţie statistică - bazinul Calvei 39
      1.3.1. Analiza statistică a datelor densităţii fragmentării reliefului 39
      1.3.2. Corelaţie între densitatea şi adâncimea fragmentării reliefului 44
2. **Analiza distribuţiei de frecvenţă a pantelor** 49
   2.1. Date generale 49
   2.2. Aplicaţie - bazinul Valea Babeş (Teleajen) 51
3. **Analiza albiei râului** 57
   3.1. Date generale 57
   3.2. Aplicaţie - albia Jiului 62
4. **Analiza morfometrică a reliefului glaciar şi cartarea gheţii** 65
   4.1. Morfometria reliefului glaciar 65
   4.2. Structura hărţii glaciare 68
5. **Analiza depozitelor corelate** 75
   5.1. Distribuţia pietrişurilor în stratele sedimentare 75
   5.2. Analiza granulometrică 80
      5.2.1. Analiza granulometrică a nisipurilor prin cernere 83
      5.2.2. Analiza morfometrică a pietrişurilor 90

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

6. **Analiza morfometrică a bazinelor hidrografice** 97
6.1. Ordinul segmentelor de râu în sistem Horton-Strahler 97
6.2. Modele morfometrice 97
6.3. Corelația dintre suprafețe și perimetre 113
6.4. Metoda curbelor hipsometrice procentuale 118
7. **Analiza fractală** 123
7.1. Date generale 123
7.2. Calcularea dimensiunii fractale 123
8. **Analiza complexă a dinamicii reliefului pentru elaborarea hărților sintetice** 131
8.1. Potențialul morfodinamic 131
8.2. Procesele geomorfologice actuale 140
9. **Harta expunerii terenurilor la risc. Bazinul Calvei** 148
10. **Harta formațiunilor superficiale** 155
11. **Harta pretabilității terenurilor pentru sistematizare. Bazinul Talea (Prahova)** 163
Bibliografie 171
Anexe 177

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

CUVÂNT ÎNAINTE

Urmând tradiția editării unor cărți tematice privind metodologia reprezentării grafice și cartografice a reliefului și a formelor sale componente și constituind pentru geografia din țara noastră o preocupare consecventă, având scopul dezvoltării și perfecționării procedeelor de bază care servesc cercetarea geomorfologică, în prezent, o nouă și inedită *lucrare de un asemenea profil vede lumina tiparului. Continuându-se, deci, aceste realizări anterioare,* "STUDIUL RELIEFULUI. Îndrumător pentru lucrări practice" *elaborat de conf. univ. dr. Florina Grecu, aplică sistemului de interpretare cartografică a reliefului o direcție preponderent analitică și selectivă, respectiv, pentru anumite laturi vizând caracteristici de bază ale morfologiei. Autoarea, activizând pentru inițiere un tânăr cadru didactic, pe care l-a adoptat cu sensibilă generozitate, în calitate de colaborator, prep. univ. drd. Laura Comănescu, împlinește cu acest prilej și o frumoasă îndatorire de suflet, pentru instruirea și formarea celor care ne urmează pe drumul viitorului în geografie, așa cum au procedat și alți înaintași geomorfologi români.*

Documentarea bibliografică dovedește o atentă preluare selectivă a unor studii realizate pe plan național, dar provenind și din cercetări rezultate din preocupări ale geomorfologilor din alte țări. În structura acestui fond documentar se include, însă, și propria experiență a d-nei conf. univ. dr. Florina Grecu, fapt ce poate să fie atestat de cititorul avizat, care este dispus să cunoască prezenta lucrare. Într-un volum de 180 de pagini, incluzând 78 de figuri edificatoare și de efectivă concretizare a tematicii lucrării, 26 de tabele și 3 anexe, este expusă întreaga tematică proprie acestui îndrumător de lucrări practice.

Conținutul de fond al lucrării se axează pe sistemul de analiză cantitativă dar și de interpretare calitativă a reliefului *și printr-o aplicare de o anumită specificitate la unele bazine morfohidrografice existente pe teritoriul României. De aceea, capitolele au în titulatura lor termenul de analiză, justificat, generalizat, dar concretizat și particularizat pentru multiple ipostaze și redat prin selectivitatea necesară și în conținutul*

BUCUREȘTI UNIVERSITY LIBRARY

componentelor de ilustrație cartografică și grafică. Astfel, analiza urmărește probleme legate de versanți, albii de râuri, depozite corelate ca expresie a interferențelor genetice, de evoluție și cronologie dintre versanți și albii fluviatile, analize granulometrice (indici morfometrici), rata medie de denudare pe bazine morfohidrografice, corelații dintre suprafețe și perimetre la bazine morfohidrografice, marcate de idei originale de aplicare etc. Dintre multiplele tipuri genetice de relief ce sunt implicate în cercetări și cartografieri geomorfologice, s-a ales ca o modalitate de exemplificare relieful glaciar, alături de gheață, elemente ce completează obiectiv cursul de glaciologie *publicat recent de autoare. Analiza fractală și calculele determinate de ea se regăsesc, de asemenea, în această lucrare, de altfel și ca o primă abordare a ei în cadrul literaturii geografice românești. Tematica pretabilității este concretizată cartografic printr-un model de hartă, avizând direct ideea că un studiu geomorfologic devine cu atât mai obiectiv cu cât rezultatele sale sunt adaptate aplicativ domeniului cerințelor social-economice.*

Împreună cu definiții și explicări de termeni geomorfologici adecvați obiectivului lucrării, sunt prezente explicații atente pentru modele și procedee de studiu și cartografiere, dar mai ales numeroase elemente matematice solicitate de anumite calcule, indici geomorfologici etc. Această caracteristică necesară a matematizării ne conduce la constatarea că lucrarea se adresează cu prioritate studenților din anii mai mari, doctoranzilor, cercetătorilor și altor categorii de specialiști. Totuși, datorită unui grad accesibil de înțelegere a strictelor elemente matematice, considerăm că și studenții din anii mai mici vor reuși să se orienteze bine în paginile îndrumătorului de lucrări practice. Acest din urmă fapt este justificat și prin aceea că, printre altele, s-a folosit cu deosebit succes și modalitatea de exemplificare prin intermediul efectuării unor exerciții, clar redate, în raport de care cititorul reușește să intuiască și el asemenea exersări.

Încredințăm cititorilor o lucrare nouă prin conținutul ei, foarte utilă sub aspect practic, care vine să completeze valoric domeniul aplicativ al geomorfologiei.

24 aprilie 1998

Prof. univ. dr. Mihai GRIGORE
Șeful Catedrei de Geomorfologie-Pedologie
Facultatea de Geografie, București

BCU / UNIVERSITY LIBRARY

1. ANALIZA STATISTICĂ ŞI APLICAREA EI ÎN DINAMICA RELIEFULUI

1.1. Date generale

1.1.1. Operaţii statistice

Cuantificarea în geomorfologia dinamică presupune obţinerea unor date prin măsurători directe ale reliefului, din analiza cărora să rezulte starea actuală şi cea de perspectivă a dinamicii proceselor de modelare şi a formelor de relief. Această analiză impune o cunoaştere temeinică a geomorfologiei genetice (generale).

Operaţiile statistice care stau la baza obţinerii datelor necesare cuantificării sunt:

- stabilirea definiţiilor operaţionale
- extragerea eşantioanelor
- prezentarea datelor statistice în tabele centralizate
- reprezentarea grafică

Noţiunile de bază din statistică sunt absolut necesare pentru interpretarea datelor obţinute pentru modelare, analiza pietrişurilor, panta versanţilor etc., asfel încât multe dintre problemele ridicate în acest capitol se regăsesc exemplificate în toate capitolele din lucrare. De altfel în cercetare, metodele utilizate nu sunt separate decât parţial, ele se întrepătrund în funcţie de obiectul, procesul sau fenomenul cercetat.

1. Stabilirea definiţiilor operaţionale

• Se aleg parametrii care trebuie măsuraţi şi reprezentaţi, în funcţie de scopul urmărit şi de tipul de analiză ce urmează a se efectua.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Exemplu: pentru morfometria reliefului unei regiuni se aleg parametrii de altitudine absolută,altitudine relativă, se stabilesc principalele trepte hipsometrice etc. (vezi datele prezentate la geomorfologia generală, în anii anteriori de studii); aceiaşi parametri morfometrici pot fi aplicaţi la diferite forme de relief (glimee, crovuri, terase etc.) pentru a pune în evidenţă, prin corelare cu alţi parametri, atât modificările pe care le-a avut forma de relief cât şi potenţialul său de modificare ulterioară.

• Se stabileşte scara de măsură, care, statistic, poate fi:

- scară nominală - indică prezenţa sau absenţa unei caracteristici (prezenţa se notează cu 1, iar absenţa cu 0);

- scară ordinară - rezultă din ordonarea obiectelor în ranguri crescătoare sau descrescătoare;

- scara intervalului - desemnează o valoare numerică exactă într-un interval;

- scara rapoartelor - exprimă egalitatea proporţiilor unei caracteristici faţă de un reper de referinţă sau un reper 0.

2. **Extragerea eşantionului şi efectuarea măsurătorilor**

Se studiază o *populaţie*, adică un set complet de date sau măsurători de la obiecte care au una sau mai multe caracteristici comune. Caracteristicile pot fi calitative sau cantitative. Cele cantitative sunt continue (valoarea ei poate fi oricât într-un interval finit sau infinit) sau discrete (valoarea poate fi numai număr întreg). Un număr finit de date colectate de la o populaţie constituie un *eşantion*.

Eşantionul analizat trebuie să fie reprezentativ, adică să reprezinte cât mai fidel modul de variaţie a datelor. În alegerea lui trebuie să se elimine pe cât posibil subiectivitatea operatorului.

Eşantionarea este de mai multe tipuri, fiecare din aceste metode având un grad mai mare sau mai mic de "mecanicitate":

BCU "ŞTEFAN CEL MARE" SUCEAVA CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- eşantionarea aleatoare simplă: fiecare măsurătoare individuală are şanse egale de a fi inclusă în eşantion. Are la bază reguli arbitrare, alese de operator, dar este important ca ele să fie simple şi aplicate în mod repetat. Se folosesc şi tabele de numere aleatoare. Dezavantajul pentru populaţii mici este că tinde să adune măsurătorile în ciorchini şi să aibă găuri în acoperirea populaţiei.

- eşantionarea stratificată impune împărţirea eşantionului analizat în straturi nivele şi extragerea de probe din fiecare strat. Se aplică în două probleme speciale: 1. compararea aceloraşi aspecte ale geografiei a două sau mai multe zone şi 2. compararea a două variabile când variabilitatea lor nu este distribuită în proporţii egale în zona studiată.

- eşantionarea sistematică constă din extragerea unui individ la intervale regulate; de exemplu, alegerea al 3-lea şi al 13-lea student din fiecare grupă duce la o acoperire uniformă a populaţiei de studenţi în scopul realizării unei statistici de vârstă.

- eşantionarea ierarhizată se efectuează în mai multe faze sau stadii şi începe cu scheme simple de eşantionare preliminară; se dezvoltă folosind scheme de eşantionare din ce în ce mai complexe şi mai detaliate.

Datele care se eşantionează se obţin prin măsurători în teren şi în laborator.

3. **Prezentarea datelor obţinute din măsurători pe etape** presupune parcurgerea următorilor paşi:

- stabilirea tipului de selecţie
- stabilirea claselor şi a amplitudinii intervalelor
- obţinerea frecvenţei absolute şi a frecvenţei relative pentru fiecare clasă

• *Tipul de selecţie*

Datele obţinute prin una din metodele de eşantionare se înscriu în tabele de valori ce constituie baza de lucru pentru orice prelucrare statistică.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI
EGU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dacă valorile obținute sunt reprezentate fără o ordine anume, atunci *selecția* este *neordonată*. Dacă datele sunt aranjate după valoarea lor, atunci se obține o *selecție ordonată* care poate fi *crescătoare* sau *descrescătoare*.

Diferența dintre valoarea maximă (x_{max}) și valoarea minimă (x_{min}) din șirul de date se numește amplitudinea selecției *A*

Deci $A = x_{max} - x_{min}$

Exemplu: amplitudinea *A* se utilizează pentru aflarea altitudinii relative a unei forme de relief, cum ar fi un deal, o terasă (pentru terasă valoarea minimă este altitidinea absolută a talvegului) etc.; de asemenea datele obținute pe suprafețe mai mari stau la baza elaborării hărții amplitudinii reliefului.

Menționăm că pentru amplitudinea reliefului se iau în calcul valorile maximă și minimă de pe hărți, între acestea există un șir de valori care însă nu sunt extrase întotdeauna.

• *Stabilirea numărului de clase* se realizează după formula:

$k = 1 + 3{,}3 \log_{10} n$

unde *k* este numărul de clase, iar *n* este numărul de măsurători.

• *Amplitudinea intervalului* unei clase se stabilește după formula:

$m = \frac{x_{max} - x_{min}}{1 + 3{,}3 \log_{10} n}$ unde *m* este amplitudinea intervalului.

• Frecvența absolută a unei clase reprezintă numărul de observații din clasa respectivă.

• Frecvența relativă (*f*) a unei clase se obține astfel:

$f = \frac{F}{n} \cdot 100$ unde *F* este frecvența absolută a clasei , *n* este numărul de măsurători din clasa respectivă.

• Frecvența absolută cumulată (crescătoare) a unei clase este suma frecvențelor absolute ale tuturor claselor care apar până la clasa respectivă, inclusiv.

BU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Datele obținute din măsurători sunt prezentate în tabele centralizatoare.

- tabele statistice simple - gruparea datelor unei variabile sau a unui număr redus de date pentru mai multe variabile; se împarte intervalul de variație al variabilei pe clase de valori și se determină numărul de valori din fiecare clasă (vezi tabelele 4 și 5).

- tabele de frecvență - forma sintetică a tabelelor statistice simple în care se stabilesc: numărul de clase, amplitudinea intervalului de clasă; apoi se obțin frecvența absolută și frecvența relativă (vezi tabelele 4 și 5).

4. Reprezentarea grafică

Reprezentările grafice oferă o viziune sintetică asupra datelor obținute și permit o serie de comparații între acestea.

Pentru reprezentarea grafică se utilizează în mod frecvent, pentru datele statistice, două tipuri de *coordonate*:

- coordonate rectangulare (carteziene): abscisa = axa 0x; ordonata = axa 0y (fig. 1);

- coordonate polare: ρ = raza vectoare (OP), θ = unghiul polar (fig. 2).

Scările utilizate în reprezentarea grafică a datelor statistice sunt (fig. 3A):

- scara aritmetică (uniformă sau liniară);

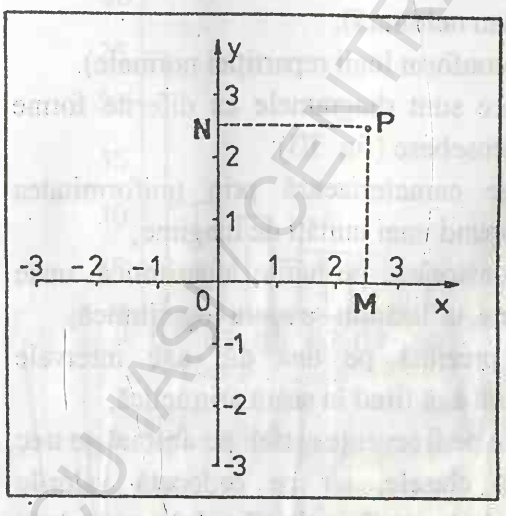


Fig. 1. Reprezentarea punctului în coordonate rectangulare

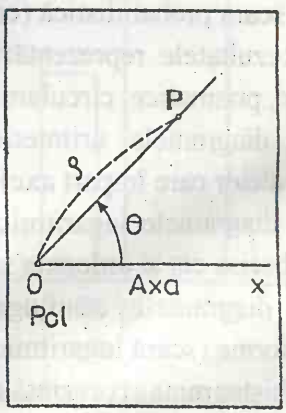


Fig. 2. Reprezentarea punctului în coordonate polare

BCU IAȘI / CENTRALA UNIVERSITARĂ / LIBRARY

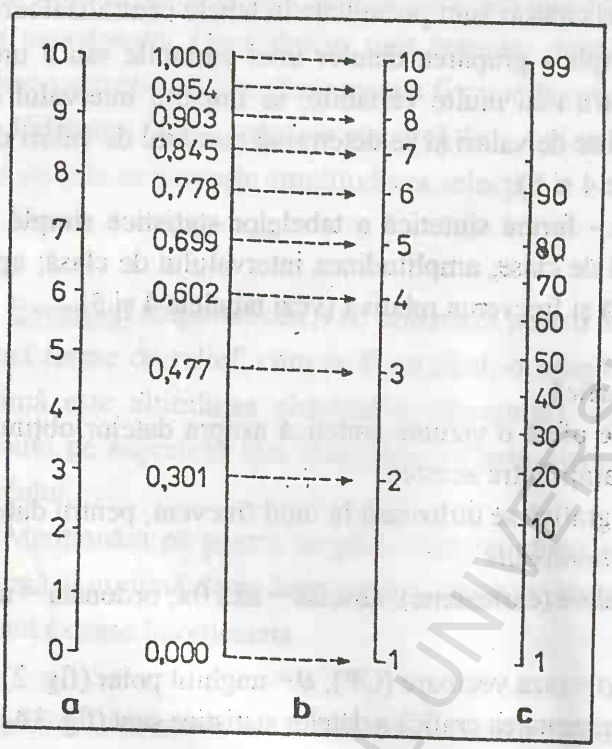


Fig. 3A. Tipuri de scări: a,aritmetică; b, logaritmică; c, probabilistică

- scara logaritmică (neuniformă sau neliniară);
- scara probabilistică (construită conform legii repartiției normale).

Rezultatele reprezentărilor grafice sunt diagramele cu diferite forme liniare, prismatice, circulare etc. Se deosebesc (fig. 3B):

- diagramele aritmetice, ce se caracterizează prin uniformitatea intervalelor care împart axele şi corespund unei unităţi de lungime;
- diagramele logaritmice - se construiesc pe hârtie logaritmică, unde atât abscisa cât şi ordonata sunt gradate, utilizându-se scara logaritmică;
- diagramele semilogaritmice prezintă pe una din axe intervale neuniforme (scară logaritmică), cealaltă axă fiind în scară aritmetică;
- histograma reprezintă repartiţiile pe frecvenţe astfel: pe abscisă se trec valorile variabilei care delimitează clasele, iar pe ordonată valorile frecvenţelor de clasă; intervalele de clasă pot fi egale (fig. 4a) sau inegale (fig. 4b) (vezi şi fig. 26 a şi b);

BUCHAREST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

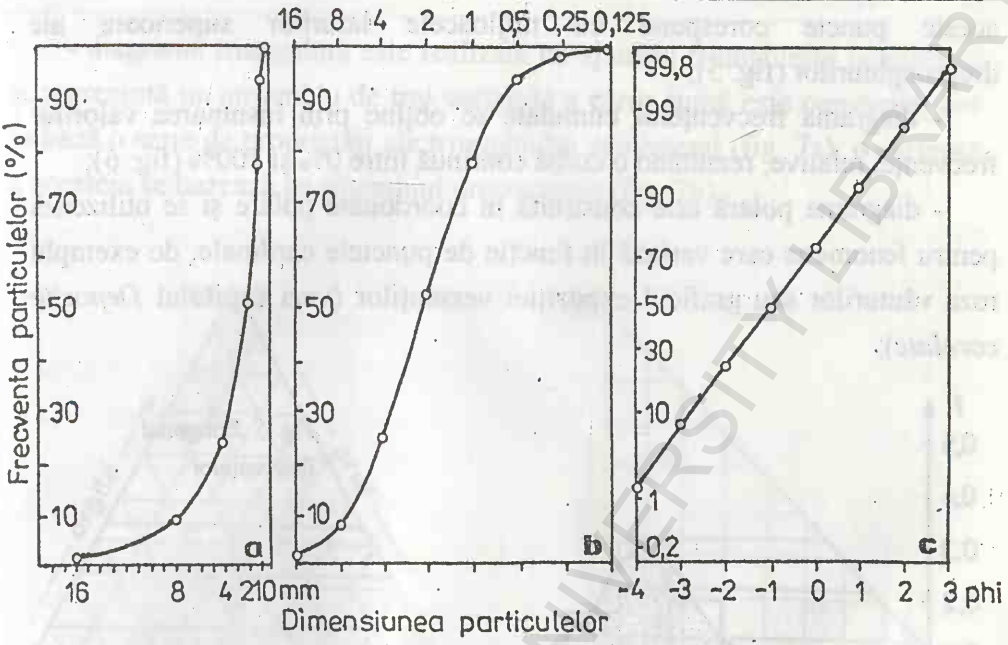


Fig. 3B. Tipuri de diagrame: a, aritmetice; b, logaritmice; c, semilogaritmice

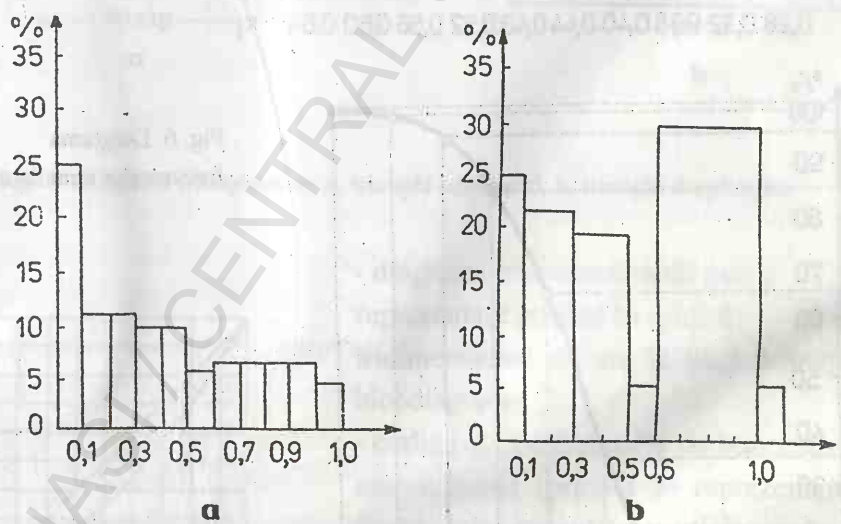


Fig. 4. Tipuri de histograme: a, cu intervale de clasă egale; b, cu intervale inegale

- poligonul frecvențelor se obține unind punctele care au ca abscisă centrele intervalelor, iar ca ordonată frecvențele intervalelor; pe histogramă

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

aceste puncte corespund cu mijloacele laturilor superioare ale dreptunghiurilor (fig. 5);

- diagrama frecvențelor cumulate se obține prin însumarea valorilor frecvenței relative, rezultând o curbă continuă între 0% și 100% (fig. 6);

- diagrama polară este construită în coordonate polare și se utilizează pentru fenomene care variază în funcție de punctele cardinale, de exemplu roza vânturilor sau graficul expoziției versanților (vezi capitolul *Depozite corelate*);

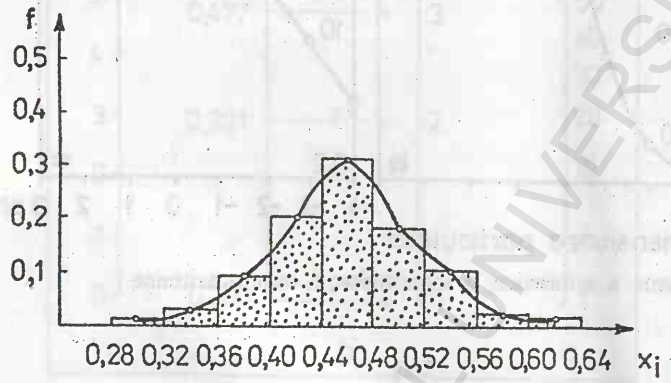


Fig. 5. Poligonul frecvențelor

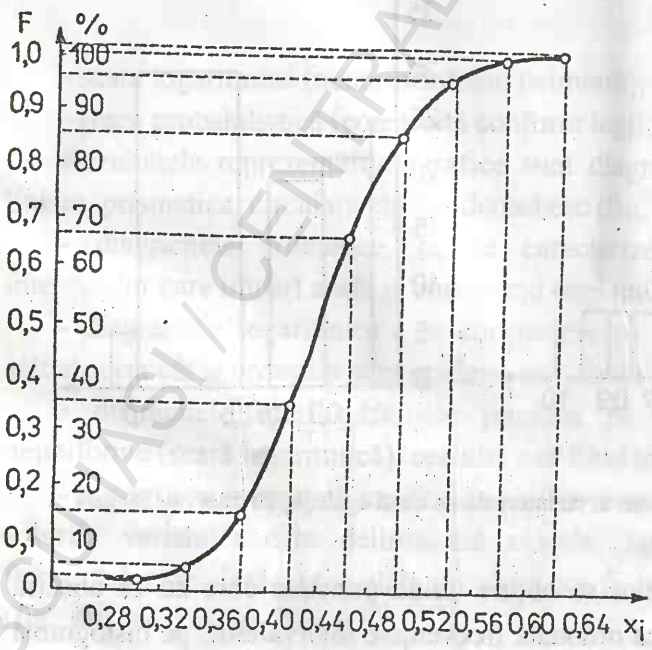


Fig. 6. Diagrama frecvențelor cumulate

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- diagrama triangulară este realizată cu ajutorul triunghiului echilateral şi reprezintă un ansamblu de trei variabile a căror sumă este constantă; are la bază o serie de proprietăţi ale triunghiului echilateral (fig. 7a); o variantă a acesteia se bazează pe triunghiul dreptunghic (fig. 7b).

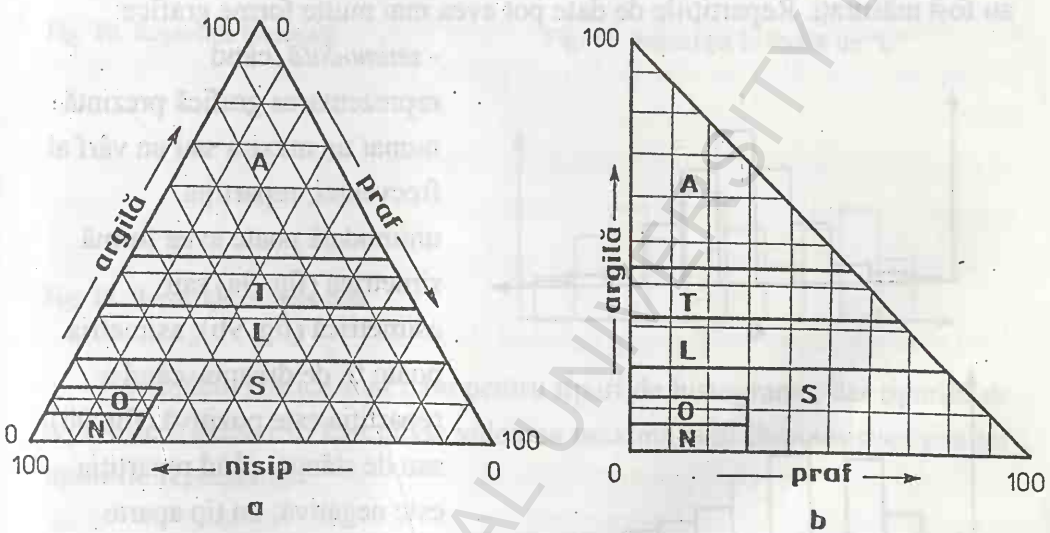


Fig. 7. Diagrame triunghiulare: a, triunghi echilateral; b, triunghi dreptunghic

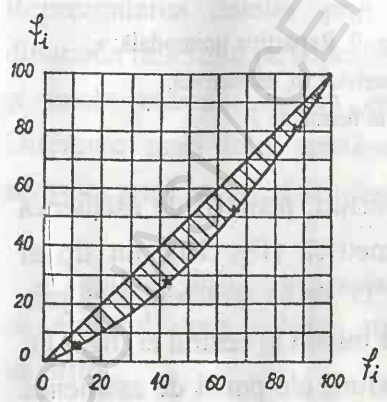


Fig. 8. Curba lui Lorenz

- diagrama tridimensională este o reprezentare grafică în spaţiul tridimensional ce are la bază principiul blocdiagramei;
- curba lui Lorenz (curba de concentrare) este o formă specială de reprezentare a frecvenţelor cumulate paralele; curba de concentrare se construieşte pe o diagramă pătratică având înscrise în ordonată şi abscisă valorile procentuale de la 0 la 100 (fig. 8).

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1.1.2. Repartiția și gruparea datelor

Repartiția datelor relevă modul de grupare a acestora şi de aici se pot trage concluzii privind caracteristicile unor parametri geomorfologici care au fost măsurați. Repartițiile de date pot avea mai multe forme grafice:

- *unimodală*, când reprezentarea grafică prezintă numai un maxim sau un vârf al frecvenței; repartiția unimodală poate avea formă simetrică (fig. 9a) sau asimetrică (fig. 9b); asimetria poate fi: de dreapta, când repartiția este pozitivă (fig. 9b) sau de stânga, când repartiția este negativă; un tip aparte este asimetria în formă de *f* (fig. 9c).

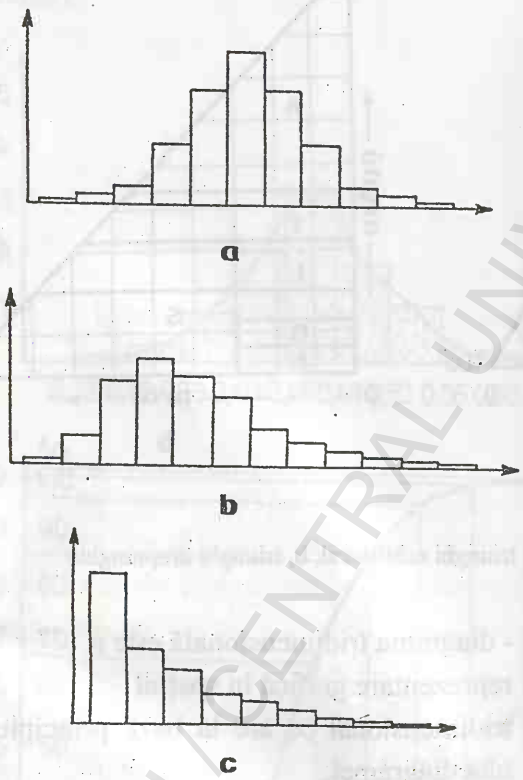


Fig. 9. Repartiția unimodală: a, simetrică; b, asimetrică; c, în formă de J

- *bimodală*, când repartiția posedă două vârfuri; poate fi de asemenea simetrică de dreapta sau de stânga sau asimetrică (fig. 10); un tip al bimodalei îl constituie histograma în formă de "U" ce se caracterizează prin vârfuri situate la cele două extremități şi un singur minim în centrul ei (fig. 11);

- repartițiile *multimodale* au mai multe vârfuri; ele pot fi de asemenea simetrice sau asimetrice în raport cu vârful cel mai proeminent (fig. 12).

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

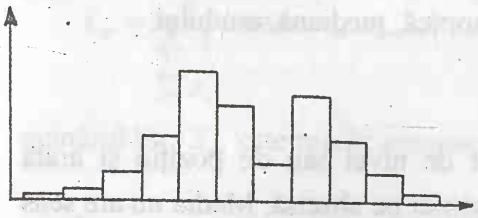


Fig. 10. Repartiția bimodală

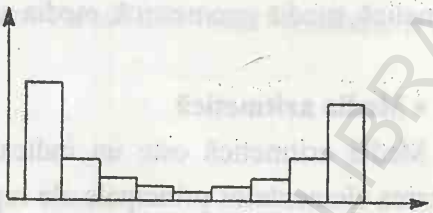


Fig. 11. Repartiția în formă de "U"

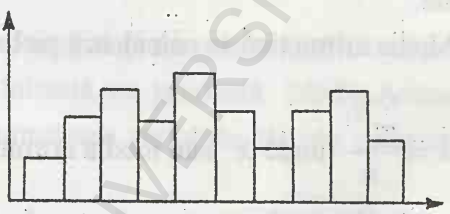


Fig. 12. Repartiția multimodală

Exemplele grafice sunt date pentru tipuri de histograme, dar tipurile de repartiție a datelor în funcție de valoarea maximă sunt caracteristice şi altor tipuri de reprezentări.

Exemplu Histograma altitudinii unui relief cu energie mare, pe suprafețe extinse poate fi multimodală, deci cu mai multe vârfuri, dar şi unimodală, dacă se ia în calcul numai vârful cel mai proeminent. Reprezentarea datelor prin histograme nu este semnificativă pentru dinamica reliefului pe suprafețe mici. Histogramele altitudinii reliefului dau şi unele indicații asupra energiei şi densității fragmentării reliefului. Diferențe mari între desfăşurarea coloanelor pe verticală şi frecvența acestora arată un relief accidentat, probabil montan sau deluros.

Tendința de grupare a datelor şi descrierea grupărilor se poate realiza cu ajutorul unor mărimi statistice care măsoară gradul de grupare a valorilor.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cei mai importanți indicatori de poziție ai repartițiilor sunt: media aritmetică, media geometrică, media armonică, mediana, modulul.

• **Media aritmetică**

Media aritmetică este un indicator de nivel sau de poziție și arată așezarea elementelor principale ale repartiției pe abscisă. Media nu are sens dacă datele primare se referă la caracteristici geomorfologice diferite sau la aceeași caracteristică cu dimensiuni omogene, dar aparținând unor mulțimi diferite.

Media aritmetică se calculează pe baza formulei:

$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ unde $\bar{x}$ este media aritmetică a valorilor variabilei, $\sum_{i=1}^{n} x_i$ este suma valorilor analizate și n este numărul de valori care se analizează.

• **Media geometrică**

Media geometrică nu poate fi utilizată ca valoare reprezentativă decât pentru anumite variabile. De exemplu, ea poate fi utilizată în prelucrarea datelor care analizează variațiile relative sau estimează ritmul în care au loc modificările unei caracteristici.

Media geometrică se calculează după formula:

$\bar{x}_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \ldots \cdot x_n}$ unde n este numărul de variabile luate în calcul; x_1, x_2, ...x_n sunt variabilele luate în calcul; $\bar{x}_g$ este media geometrică.

• **Media armonică**

Media armonică este o valoare tipică pentru estimarea normelor de evoluție a unor caracteristici geomorfologice și geologice. Se calculează după formula:

BCU / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$\bar{x}_{ar} = \dfrac{n}{\sum_{i=1}^{n} \dfrac{1}{x_i}}$ unde $x_1, x_2, ..., x_n$ sunt variabilele luate în calcul, n este numărul lor, $\bar{x}_{ar}$ este media armonică.

Între mediile aritmetică, geometrică şi armonică se verifică inegalităţile:

$\bar{x}_{ar} < \bar{x}_g < \bar{x}$

Aceasta înseamnă că media armonică, deşi are cea mai mică valoare în seria mediilor de selecţie, trebuie folosită cu prudenţă. Media aritmetică apare valoare convenabilă pentru numeroase variabile, dar nu pentru orice variabilă.

• **Mediana şi semnificaţia ei**

Mediana reprezintă elementul de mijloc al unei serii aranjate în ordine crescătoare. Dacă numărul de elemente al seriei este par, mediana este media celor două elemente de mijloc. Dacă numărul de elemente al seriei este impar, mediana coincide cu elementul $\dfrac{m+1}{2}$ (fig. 13) (vezi şi fig. 26 a şi b).

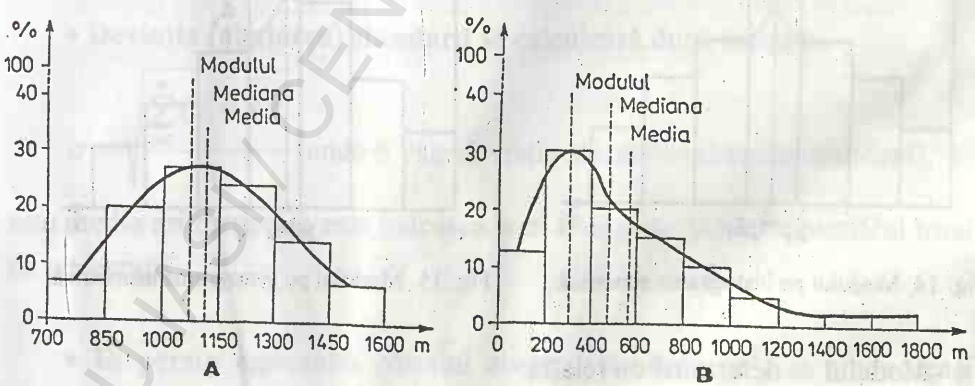


Fig. 13. Media, modulul, mediana pe repartiţie simetrică (A); pe repartiţie asimetrică (B)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Mediana reprezintă valoarea centrală a şirului, având proprietatea că valorile mai mari sau mai mici decât ea apar cu frecvenţe egale. Spre deosebire de medie, mediana poate fi calculată şi dacă selecţia are intervale deschise la unul sau la ambele capete ale repartiţiei. Mediana coincide cu media aritmetică dacă repartiţia este perfect simetrică. Mediana este o formă concretă de medie, deoarece elementul mulţimii definit ca element median va rămâne în orice alt sistem de măsurare.

- **Modulul**

Modulul este valoarea de selecţie căreia îi corespunde frecvenţa maximă a repartiţiei de date grupate. Modulul coincide cu un element al repartiţiei şi nu este influenţat de valorile foarte mari sau foarte mici de la limitele repartiţiei. Pentru repartiţiile grupate, intervalul de frecvenţă maximă reprezintă intervalul modal. Valoarea centrală a intervalului modal poate fi acceptată ca modul al repartiţiei, dacă frecvenţele de o parte şi de alta a intervalului modal sunt simetrice (fig. 14). Sunt cazuri când frecvenţele nu sunt distribuite simetric de o parte şi de alta a intervalului modal (fig. 15).

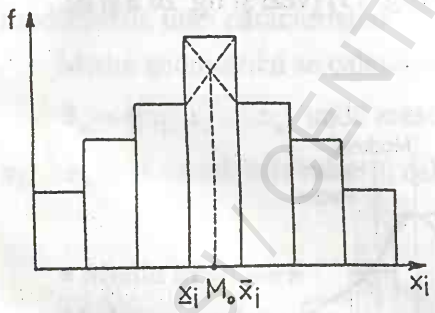


Fig. 14. Modulul pe histograma simetrică

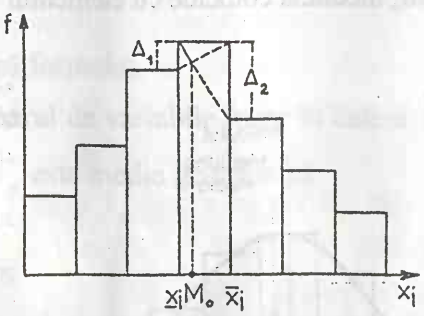


Fig. 15. Modulul pe histograma asimetrică

Modulul se determină cu relaţia:

$$Mo = x_i + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \cdot \Delta$$

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

unde Δ_1 = frecvența intervalului situat deasupra intervalului modal;

Δ_2 = frecvența intervalului situat sub intervalul modal;

Δ = mărimea intervalului modal;

x_i = valoarea inferioară a intervalului modal.

Tendința de dispersie a datelor

Cunoaşterea repartiției statistice a oricărei caracteristici sau mărimi presupune determinarea gradului de împrăştiere în jurul mediei şi poate fi exprimată prin:

- amplitudine
- deviație (abatere) standard
- dispersie
- coeficient de variație

• **Amplitudinea** eşantionului este dată de diferența între valoarea maximă şi cea minimă. Mărimea ei depinde de mărimea termenilor extremi ai şirului de valori.

$A = x_M - x_m$ unde A este amplitudinea, x_M este valoarea maximă şi x_m este valoarea minimă.

• **Deviația (abaterea) standard** se calculează după formula:

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n}}$ unde σ este deviația standard (abaterea standard), $\bar{x}$ este media aritmetică, x_i este valoarea unei observații şi n este numărul total de observații.

• **Dispersia** reprezintă pătratul abaterii standard (σ^2) şi are aceeaşi semnificație ca şi deviația standard: valorile lor reprezintă o măsură a gradului de împrăştiere în jurul mediei. Valorile extreme au o pondere

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

mare, pentru că ele sunt ridicate la pătrat. Abaterea standard indică spațiul în care se plasează un număr de observații în jurul mediei:

- o abatere standard mică (la valoarea mediei) indică o grupare pronunțată a măsurătorilor în jurul mediei;

- o abatere standard mare înseamnă o depărtare mare față de medie a măsurătorilor.

• **Coeficientul de variație** este un indicator adimensional, determinat ca raport între abaterea standard şi media aritmetică:

$Cv = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$, unde σ este deviația standard, $\bar{x}$ este media aritmetică şi Cv este coeficientul de variație.

Coeficientul de variație reflectă însumarea efectelor diverşilor factori de variabilitate şi a erorilor accidentale. Apare ca o măsură a variabilității datelor şi poate fi exprimat în valori absolute sau în procente. Coeficientul de variație este tot o mărime ce exprimă gradul de împrăştiere în jurul mediei, ca şi abaterea standard şi dispersia, cu deosebirea că este exprimat în procente:

- dacă $Cv < 30\%$ - 35%, atunci termenii populației statistice se concentrează în jurul mediei;

- dacă $35\% < Cv < 70\%$, atunci termenii seriei au o variație relativă;

- dacă $Cv > 70\%$, atunci termenii populației statistice sunt heterogeni, media nu are nivel de semnificație.

Forma repartiției datelor

a) **Coeficientul de asimetrie Pearson** măsoară abaterile de la simetrie ale repartițiilor şi se calculează cu ajutorul relației:

$As = \frac{\bar{x} - Mo}{\sigma}$ unde As este coeficientul de asimetrie, $\bar{x}$ este media aritmetică, Mo este modulul şi σ este abaterea medie.

Dacă $\bar{x} < Mo$, atunci $As < 0$ şi repartiția prezintă o asimetrie de stânga.

BUCHAREST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Dacă $\bar{x} = Mo$, atunci $As = 0$ şi repartiţia este simetrică.

Dacă $\bar{x} > Mo$, atunci $As > 0$ şi repartiţia prezintă o asimetrie de dreapta.

b) **Coeficientul de boltire Pearson** se utilizează atunci când forma repartiţiei datelor statistice este o curbă de repartiţie cu forme boltite sau turtite, aplatizate:

$\beta = \frac{M_4}{(\sigma^2)^2}$ unde M_4 este momentul centrat de ordinul 4,

$M_4 = \frac{\sum (x - \bar{x})^4 F}{n}$ unde n este numărul de variabile, $\bar{x}$ este media aritmetică, σ este abaterea medie şi F este frecvenţa absolută.

Când $\beta = 3$, curba este normală (mezocurtică).

Când $\beta > 3$, curba de repartiţie are boltire mai puternică, cu vârf proeminent (leptocurtică).

Când $\beta < 3$, curba de repartiţie are boltire mai slabă, aplatizată (platicurtică).

Abaterea curbei de repartiţie de la forma normală este estimată prin excesul E, dat de relaţia:

$E = \beta - 3$

c) **Eroarea standard a mediei de eşantionare** reprezintă abaterea medie pătratică a unei mulţimi de medii obţinute prin eşantionarea a n valori:

$Es = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ unde σ este abaterea standard a eşantionului, n este numărul de observaţii al eşantionului.

Mărimea ei este determinată de abaterea standard a mărimilor, precum şi de dimensiunea eşantionului. O abatere standard mare determină o eroare standard mare. Cu cât creşte dimensiunea eşantionului, cu atât eroarea

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

standard se reduce. O abatere standard mare determină o eroare standard mare.

d) **Intervalul (coeficientul) de încredere** are formula generală:

$\mu = \bar{x} \pm z\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, unde μ este media reală, $\bar{x}$ este media eşantionului, σ este deviaţia standard, n este numărul de valori şi z numărul de unităţi de abatere standard.

e) **Dimensiunea eşantionului** se realizează pe baza formulei:

$\Delta = t\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ de unde $n = \left(\frac{t\sigma}{\Delta}\right)^2$ unde σ este abaterea standard pentru un eşantion n, $\Delta = \mu - \bar{x}$ cu μ interval de încredere, $\bar{x}$ media aritmetică şi t valoarea repartiţiei pentru un coeficient de încredere dat în cazul unui eşantion de mărime m ($t \to z$).

Dimensiunea optimă a eşantionului este foarte importantă pentru operaţiile statistice care se realizează. Dacă un eşantion este foarte mic, atunci datele obţinute vor fi nereprezentative. Un eşantion foarte mare necesită lucru îndelungat şi uneori costuri mari.

Pentru ca un eşantion să fie reprezentativ, trebuie să fie aleator - să ofere aceeaşi probabilitate de a fi selectat. Aceasta este selecţia aleatoare.

Dacă extragerea elementelor se efectuează după criterii stabilite convenţional, atunci se obţine o selecţie dirijată.

1.1.3. Modele statistice

Corelaţia

Corelaţia defineşte legătura reciprocă în timp şi spaţiu între două variabile, precum şi metoda specifică de identificare şi reprezentare a acestei legături. În sens statistic, corelaţia reprezintă intensitatea legăturii

BIBLIOTECA UNIVERSITY LIBRARY IAŞI

sau dependenței dintre variabile, determinată prin procedee grafice sau numerice.

Dependența între două variabile, sau dependența bidimensională poate fi exprimată prin corelație liniară sau corelație neliniară (curbilinie). Una din variabile (x) este independentă, cea de-a doua (y) este considerată dependentă de prima.

Dacă se analizează simultan dependența între mai multe caracteristici (mărimi), atunci corelația se numeşte multiplă (multidimensională).

Corelația are o serie de proprietăți (fig. 16).

- *cauzalitatea*: variabila x este cauza variabilei y; variabilele x şi y pot fi deopotrivă cauză şi efect, situație în care este vorba de autocorelație; doar din coeficientul de corelație, totuşi, nu poate fi dedusă o legătură de cauzalitate ci aceasta se poate stabili numai din judecata preliminară a observatorului;

- *relația*: variabilele x şi y pot fi în relație directă (la o creştere a lui x corespunde o creştere a lui y) dar şi în relație inversă (la o scădere a lui y îi corespunde o creştere a lui x). Analiza densității şi energiei pe bazine hidrografice ierarhizate în sistem Horton-Strahler arată o corelație inversă între aceste valori (tabelul 1, fig. 17).

- *intensitatea* corelației precizează cât de mult coincid punctele cu o dreaptă;

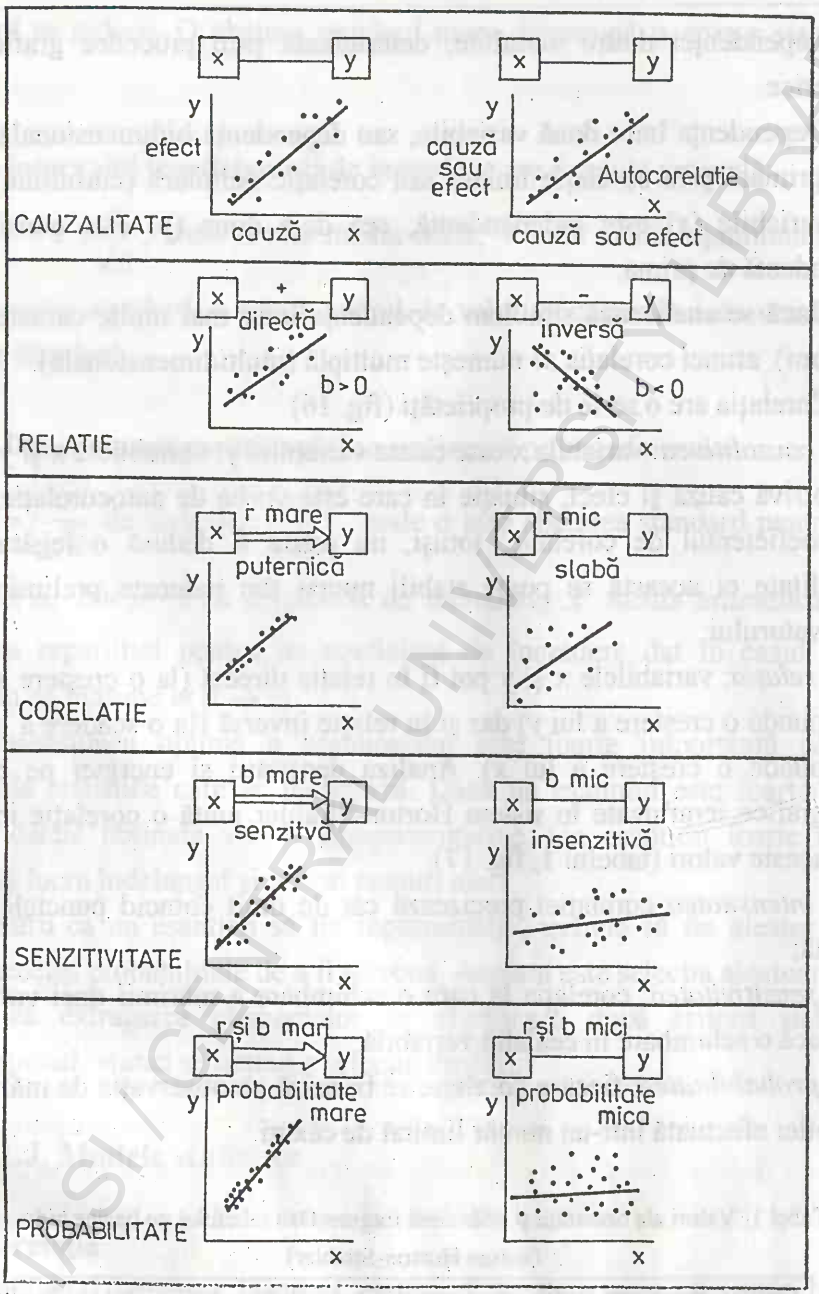
- *senzitivitatea*: corelația la care o schimbare a mărimii unei variabile provoacă o schimbare în cealaltă variabilă;

- *probabilitatea*: fiecare corelație se bazează pe observația de mărime a variabilei efectuată într-un număr limitat de cazuri.

Tabel 1. Valori ale densității şi adâncimii fragmentării reliefului pe bazine hidrografice (sistem Horton-Strahler)

Ordinul de mărime	1	2	3	4	5
Densitatea fragmentării (km/kmp)	3,1	2,8	2,3	2,2	2,1
Energia de relief (m)	111	147	210	253	350

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



(după Chorley şi Kennedy, 1971, citat de Rădoane şi colab., 1996)

Fig. 16. Proprietăţile corelaţiei

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Linia de regresie are următoarele proprietăți:

- trece prin centroidul sau media binariată a setului de observații x și y;
- termenii *a* și *b* se numesc coeficienții ecuației de regresie: *a* se numește termen de intercepție iar *b* se numește termen-pantă, deoarece valoarea lui redă gradul de înclinare a dreptei de regresie.

Coeficientul de corelație este o dată statistică ce descrie gradul de asociere între două seturi de valori și se calculează după formula:

$$r = \frac{\frac{\sum xy}{n} - \frac{\sum x}{n} \cdot \frac{\sum y}{n}}{\sqrt{\left[\frac{\sum x^2}{n} - \frac{(\sum x)^2}{n^2}\right] \cdot \left[\frac{\sum y^2}{n} - \frac{(\sum y)^2}{n^2}\right]}}$$

$$r = \frac{\frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n^2}}{\sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2} \cdot \frac{n\sum y^2 - (\sum y)^2}{n^2}}}$$

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n^2} \cdot \frac{n^2}{\sqrt{\left[n\sum x^2 - (\sum x)^2\right] \cdot \left[n\sum y^2 - (\sum y)^2\right]}} =$$

$$= \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[n\sum x^2 - (\sum x)^2\right] \cdot \left[n\sum y^2 - (\sum y)^2\right]}}$$

Coeficientul de corelație variază între -1 și +1.

Dacă între variabile există corelație liniară, atunci valoarea coeficientului de corelație se apropie de +1 pentru corelația directă și de -1 pentru corelația inversă. Cu cât coeficientul de corelație are valori mai apropiate de +1 sau de -1, cu atât corelația liniară dintre variabile este mai puternică. Dacă variabilele comparate sunt necorelate, coeficientul de corelație este egal cu 0. Valori ale coeficientului de corelație ce tind spre 0 rezultă din seturi de numere aleatoare.

BCU "ION CREANGĂ" UNIVERSITY LIBRARY

Coeficientul de determinare

Acest coeficient arată cantitatea variației lui y explicată de variația lui x.

Deci $Cd = r^2 \cdot 100$. Valoarea $r^2 \cdot 100$ indică procentual nivelul de explicație realizat de variabila x, iar $(1-r^2)\cdot 100$ este varianța neexplicată.

Matricea de corelație dă informații complete privind coeficienții de corelație dintr-un sistem. Aceasta este un tablou în care grupuri de variabile se intersectează, fiecare variabilă fiind în legătură cu cealaltă.

Semnificația coeficientului de corelație

În analizele efectuate, se pune întrebarea dacă coeficientul de corelație este semnificativ statistic.

Pentru verificarea semnificației valorii coeficientului de corelație se pot utiliza teste (procedee) oferite de statistica matematică: testul Student şi testul Fisher.

• **Testul Student** utilizează mărimea:

$t = \sqrt{n-2} \cdot \dfrac{r}{\sqrt{1-r^2}}$ unde n reprezintă numărul datelor de observație, n - 2 este numărul gradelor de libertate.

Mărimea t calculată pentru n date de observație şi valoarea r obținută pentru coeficientul de corelație se compară cu datele din tabele (anexa 1). Dacă coeficientul de corelație este mai mare decât valoarea critică (din tabel), atunci corelația este semnificativă.

• **Testul Fisher** utilizează valoarea auxiliară z, conform formulei:

$$z = \frac{1}{2}\ln\frac{1+r}{1-r}$$

Dacă abaterea standard este:

$s_z = \dfrac{1}{\sqrt{n-3}}$ se determină mărimea aleatoare $n = \dfrac{|z|}{s_z}$

Rezultă că la limita zonei critice se defineşte egalitatea

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$|z| = u_p \cdot s_z$

u_p se găseşte în tabele (anexa 2) şi reprezintă funcţia inversă θ^{-1} a repartiţiei normale.

Dacă din calcule rezultă inegalitatea:

$|z| > u_p \cdot s_z$

atunci variabilele comparate prezintă corelaţie liniară.

Regresia

Nici coeficientul de corelaţie şi nici testul de semnificaţie nu ne spun modul în care sunt legate cele două seturi de variabile; ele nu pot fi folosite la prezicerea unui set de variabile din celălalt şi nici la semnalizarea unor anomalii în relaţia dintre perechile individuale. Pentru acest lucru se studiază regresia. La rândul ei, regresia nu are valoare dacă seturile nu sunt corelate.

Linia de regresie este o linie de "cea mai bună potrivire" pe o diagramă de puncte. Linia poate fi dreaptă, reprezentarea unei ecuaţii de gradul doi, a unei ecuaţii logaritmice sau exponenţiale.

Analiza regresiei pleacă de la premisa că variaţia lui x produce o schimbare în y, dar nu în mod necesar şi invers.

Regresia liniară

În cazul regresiei liniare, linia de regresie este reprezentată de o dreaptă şi va fi construită astfel încât deviaţia tuturor valorilor să fie minimă. Acest lucru se realizează prin diferite metode:

- metoda mediei aritmetice (mai expeditivă);
- metoda celor mai mici pătrate (mai riguroasă şi exactă), ea minimalizând suma pătratelor diferenţelor dintre valorile observate şi valorile corespondente pe linia de tendinţă.

Folosind metoda celor mai mici pătrate, forma dreptei este dată de relaţiile:

BCU IASI - CONTRACT UNIVERSITY LIBRARY

$$\begin{cases} \sum y = na + b\sum x \\ \sum xy = a\sum x + b\sum x^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \dfrac{\sum y - b\sum x}{n} \\ b = \dfrac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \end{cases}$$

Ecuația de regresie (fig. 18) are formula:

$y = a + bx$ adică:

$$y = \frac{\sum y - b\sum x}{n} + x\frac{n\sum xy - \sum x\sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Împrăştierea punctelor în jurul liniei de regresie poate fi determinată prin coeficientul de corelație *r*.

Un caz particular al liniei de regresie este linia de tendință, în care variabila independentă este timpul.

Exemplu de calcul de linie de tendință

Graficul liniar are ecuația de forma: $y = a + bx$ unde *x* şi *y* sunt variabile (fig. 19); *a* şi *b* sunt constante - care reprezintă locul unde linia taie axa 0y şi panta liniei.

În cazul exemplului dat se aleg convenabil valorile pe axa timpului astfel încât suma lor *x* să fie 0. De aceea formulele acestea rezultă din formula ecuației de regresie dată mai sus:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad a = \frac{\sum y}{n} = \bar{y} \qquad \text{(tabel 2)}$$

Tabel 2. Valori exemplificate în figura 19.

Anul	Bilanț geomorfologic (*x*)	Altitudinea medie a bazinului (*y*)	x^2	xy
1920	-2	117	4	-234
1930	-1	134	1	-134
1940	0	144	0	0
1950	1	166	1	166
1960	2	199	4	398
		$\sum y = 760$	$\sum x^2 = 10$	$\sum xy = 196$

$$b = \frac{196}{10} = 19{,}6 \qquad a = \frac{760}{5} = 152$$

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ecuația de tendință este $y = a + bx = 152 + 19{,}6x$.
Cel mai ușor de calculat sunt punctele P și Q:
punctul P: $x = 0 \Rightarrow y = b.0 + a = a = 152$
punctul Q: $x = 1 \Rightarrow y = b.1 + a = b + a = 171{,}6$

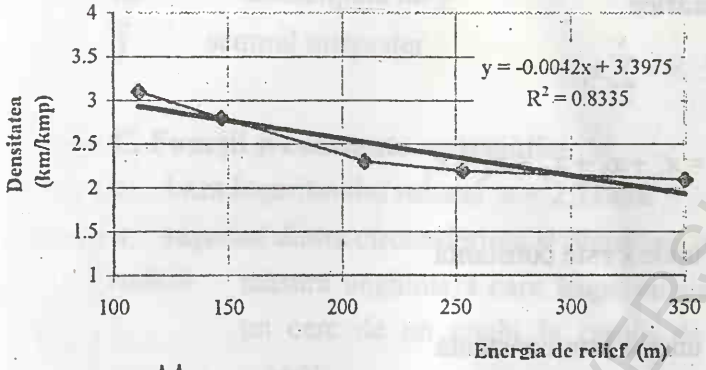


Fig. 17. Corelație inversă între energie și densitate pe bazine hidrografice

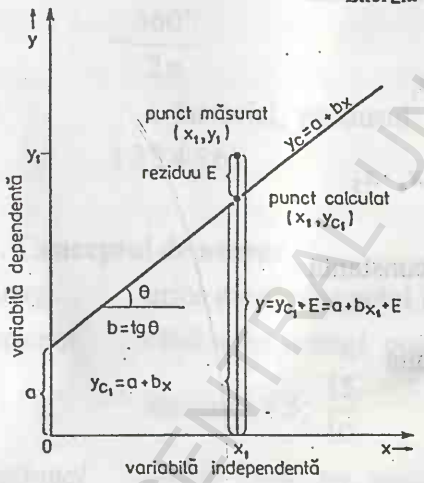


Fig. 18. Parametrii regresiei liniare

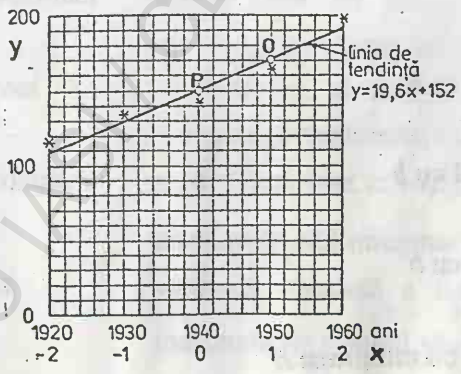


Fig. 19. Trasarea liniei de tendință și calcularea coordonatelor unor puncte de pe ea.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1.2. Noțiuni, termeni şi simboluri matematice

A. Operații matematice

1. Suma a N valori: $S = \sum_{i=1}^{N} x_i$

de exemplu: $S_5 = \sum_{i=1}^{5} x_i = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$

$S = \sum_{i=1}^{N} kx_i = k\sum_{i=1}^{N} x_i$ unde k este constantă

$S = \sum_{i=1}^{N} k = Nk$ unde k este constantă

2. Produsul a N valori: $P = \prod_{i=1}^{N} x_i$

de exemplu: $P_5 = \prod_{i=1}^{5} x_i = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5$

$\prod_{i=1}^{5} kx_i = k^N \prod_{i=1}^{N} x_i$ unde k este constantă

$\prod_{i=1}^{N} k = k^N$ unde k este constantă

B. Simboluri matematice

$a < b$	a mai mic decât b
$a \leq b$	a mai mic sau egal cu b
$a > b$	a mai mare decât b
$a \geq b$	a mai mare sau egal cu b
$a \neq b$	a diferit de b
$a \cong b$	a aproximativ egal cu b
∞, $-\infty$	infinit, minus infinit
$A \cup B$	mulțimea A reunită cu mulțimea B

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$A \cap B$ mulțimea A intersectată cu mulțimea B

$\log x$ logaritm în baza 10 din x

$\ln x$ logaritm în baza e din x

dy diferențiala lui y

$\int$ semnul integralei

C. Funcții și constante matematice

e baza logaritmului natural $e = 2{,}71828$

π raportul dintre circumferința și diametrul cercului $\pi = 3{,}14159...$

radian măsură unghiulară care leagă lungimea arcului subîntins pe un cerc de un unghi la centru de raza cercului 1 radian $= \frac{360^\circ}{2\pi}$

$x!$ x factorial, produsul $1 \cdot 2 \cdot ... \cdot (x - 1) \cdot x$ (ex: $6! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6$)

D. Conceptul de număr

întreg orice număr din setul infinit de numere 1, 2, 3, ...

rațional câtul a doi întregi: poate fi scris ca fracție sau ca număr cu zecimale 1,5; $\frac{15}{10}$

irațional număr care nu poate fi exprimat ca fracție sau cu zecimale, de exemplu valorile π și e.

real setul infinit al tuturor numerelor pozitive și negative, raționale și iraționale, inclusiv 0

complex număr de forma $\alpha + i\beta$, unde α și β sunt numere reale și i este operatorul imaginar cu proprietatea $i = \sqrt{-1}$

$|a|$ valoarea absolută a lui a; valoarea numerică a lui a indiferent de semnul său

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$|a| = \begin{cases} -a, & daca\ a < 0 \\ 0, & daca\ a = 0 \\ a, & daca\ a > 0 \end{cases}$$

E. Tipuri de coordonate

• coordonate rectangulare

În acest tip de coordonate, 0x reprezintă abscisa şi 0y ordonata. Scara utilizată este scara aritmetică unde atât pe abscisă cât şi pe ordonată se utilizează aceeaşi unitate de lungime (intervalele care împart axele sunt uniforme).

• coordonate polare

Un punct reprezentat în spaţiu este caracterizat printr-o rază vectoare ρ şi un unghi polar θ ce indică orientarea.

• coordonate semilogaritmice

Prezintă axa 0y cu intervale neuniforme (scară logaritmică) în timp ce axa 0x este scară aritmetică (vezi Modele morfometrice)

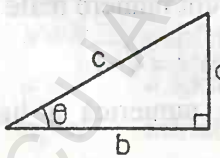
• coordonate logaritmice

Prezintă ambele axe 0x, 0y gradate utilizând scara logaritmică.

Coordonatele semilogaritmice şi logaritmice se utilizează pentru: atenuarea diferenţelor dintre valorile maxime şi minime sau pentru reprezentarea grafică a unor valori cu ecart mare.

F. Funcţiile trigonometrice într-un triunghi dreptunghic (fig. 20)

$\sin\theta = \frac{a}{c}$; $tg\theta = \frac{a}{b}$; $\cos\theta = \frac{b}{c}$; $ctg\theta = \frac{b}{a}$; aria $A = \frac{a \cdot b}{2}$



teorema lui Pitagora $a^2 + b^2 = c^2$

Fig. 20. Triunghiul dreptunghic

BCU "ASTRA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

G. Geometrie analitică

Reprezentarea punctului în coordonate carteziene

Punctul M are coordonatele $M(x_A,0)$ - puncte de ordonată nulă

Punctul N are coordonatele $N(0,y_A)$ - puncte de abscisă nulă

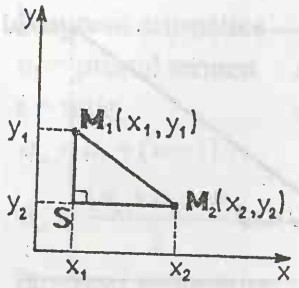


Fig. 21. Distanța dintre două puncte

Formula distanței (fig. 21):

$$M_1M_2{}^2 = M_2R^2 + M_1R^2$$

$$M_1M_2 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

S (mijlocul segmentului M_1M_2) are coordonatele:

$$x_S = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad y_S = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

Panta unei drepte, m (fig. 22):

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = tg\theta = \frac{M_2R}{MM_2}$$

Ecuația dreptei determinată de un punct şi de pantă (fig. 22):

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0} \qquad y - y_0 = m(x - x_0)$$

Ecuația dreptei determinată de două puncte distincte (fig. 23):

$$\frac{x - x_1}{x_0 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_0 - y_1}$$

Calculul măsurii unui unghi (fig. 24):

$$tg\varphi = \frac{m_1 - m_2}{m_1 m_2}$$ unde m_1 este panta lui d_1; m_2 este panta lui d_2.

Distanța de la un punct la o dreaptă (fig. 25):

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$d(M_0,h)=\frac{|ax_0+by_0+c|}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

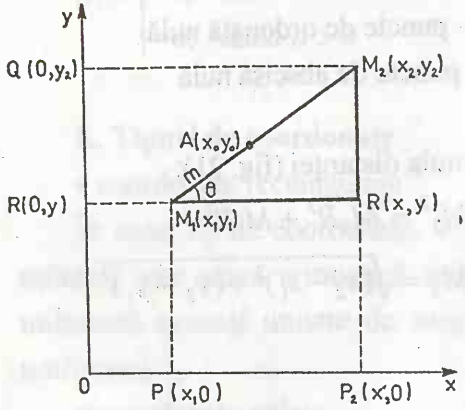


Fig. 22. Panta şi ecuaţia unei drepte

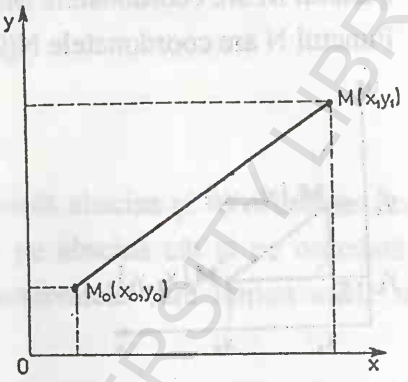


Fig. 23. Ecuaţia dreptei determinată de două puncte distincte

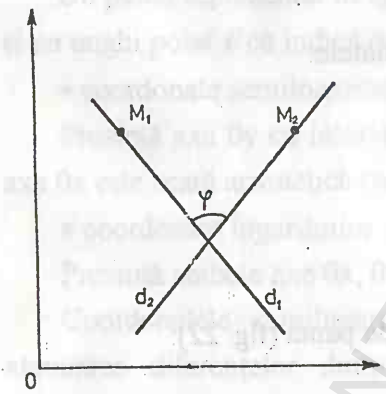


Fig. 24. Calculul măsurii unui unghi

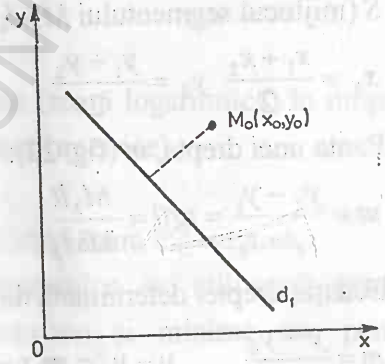


Fig. 25. Distanţa de la un punct la o dreaptă

H. Analiză matematică

Limita unei funcţii în punctul a: $\lim\limits_{x\to a} y=\lim\limits_{x\to a} f(x)=L$

Derivata unei funcţii continue: $\lim\limits_{\Delta x\to 0}\frac{\Delta y}{\Delta x}=\frac{dy}{dx}$

Integrala unei funcţii: $\int f(x)dx=F(x)$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

I. Algebră

Ecuația de gradul II

$f(x)=ax^2+bx+c=0$ are soluțiile $x_{1,2}=\dfrac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$

Progresii aritmetice

a_1 = primul termen a_n = ultimul termen

r = rația n = numărul termenilor S_n = suma a n termeni

$a_n=a_1+(n-1)\cdot r$

$S_n=\dfrac{(a_1+a_n)\cdot n}{2}$

Progresii geometrice

a_1 = primul termen a_n = ultimul termen

q = rația n = numărul termenilor S_n = suma a n termeni

$a_n=a_1\cdot q^{n-1}$

$S_n=\dfrac{a_1(q^n-1)}{q-1}$

Logaritmi

Dacă $\log_a b=\log_a c$ atunci $b=c$

$\log_a a=1$

$\log_a 1=0$

$y=\log_a x \Leftrightarrow x=a^y$

$b=a^{\log_a b}$

$\log_a a^c=c$

$\log_a b\cdot\log_b a=1$

$\log_a xy=\log_a x+\log_a y$

$\log_a \dfrac{x}{y}=\log_a x-\log_a y$

Aranjamente (de n obiecte luate câte m):

$A_n^m=n(n-1)(n-2)...(n-m+1)$

Permutări (de n obiecte): $P_n=1\cdot 2\cdot 3...\cdot n=n!$

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Combinări: $C_n^m = \frac{A_n^m}{P_m} = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ ex: $C_4^3 = \frac{4!}{1!3!} = \frac{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}{1\cdot 1\cdot 2\cdot 3} = 4$

Matrice; suma a două matrice:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11}+b_{11} & a_{12}+b_{12} & \dots & a_{1n}+b_{1n} \\ a_{21}+b_{21} & a_{22}+b_{22} & \dots & a_{2n}+b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1}+b_{m1} & a_{m2}+b_{m2} & \dots & a_{mn}+b_{mn} \end{pmatrix}$$

Produsul unei matrice cu un număr real:

$$c \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ca_{11} & ca_{12} & \dots & ca_{1n} \\ ca_{21} & ca_{22} & \dots & ca_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ ca_{m1} & ca_{m2} & \dots & ca_{mn} \end{pmatrix}$$

Produsul a două matrice:

$A = (a_{ij})_{m,n}$

$$B = (b_{ij})_{r,s} \quad \Rightarrow (c_{ij})_{m,s} = a_{i1}b_{1j} + \dots + a_{in}b_{nj} = \sum_{i=1}^{n} a_{ik}b_{kj}$$

Funcții

$y = f(x)$ y este funcție de x

Funcția de gradul I are forma: $y = ax + b$ (dacă dreapta trece prin origine: $y = ax$)

Funcțiile logaritmice: $y = \log_a x \quad a > 1, x > 0$

Funcțiile polinomiale - de gradul I $y = ax + b$

- de gradul II $y = ax^2 + bx + c$
- de gradul n $y = ax^n + bx^{n-1} + \dots + k$

Funcții exponențiale: $y = a^x$ unde $a > 1$

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1.3. Aplicație statistică - bazinului Calvei

1.3.1. Analiza statistică a datelor densității fragmentării reliefului

Densitatea fragmentării orizontale a reliefului, ca parametru geomorfologic, a fost calculată pentru bazinul Calva prin metoda cartogramelor, obținându-se 221 de valori. Datele astfel obținute au fost prelucrate statistic în următorii paşi:

- prezentarea datelor în tabele centralizatoare ample (tabelul nr. 3);
- realizarea de tabele centralizatoare pe clase de valori (tabelele nr.4 şi 5);
- reprezentarea grafică a datelor (fig.26).

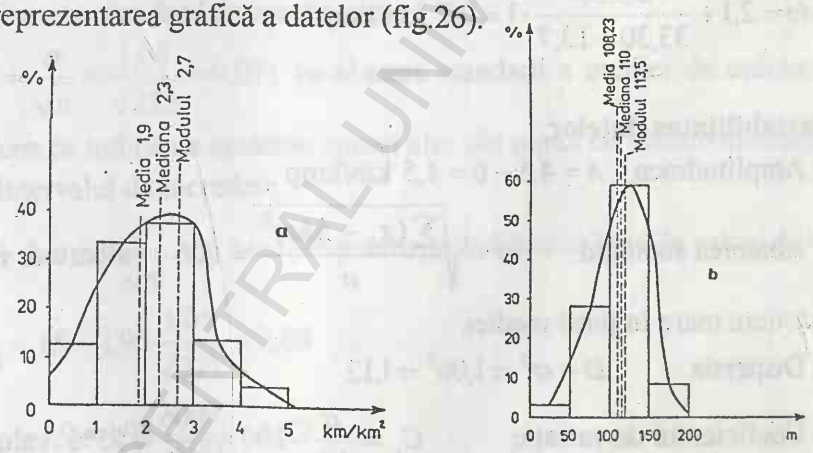


Fig. 26. Reprezentarea grafică a densității fragmentării reliefului (a) şi a energiei de relief (b)

Pregătirea datelor pentru analiză

1. Gruparea datelor cu stabilirea numărului de clase în care se împarte mulțimea de valori

$$k = 1 + 3{,}3 \cdot \log_{10} 221$$

$$k = 1 + 3{,}3 \cdot 2{,}1 = 7{,}93$$

În funcție de scopul urmărit, numărul de clase poate fi mai mare sau mai mic decât această valoare calculată (8). De exemplu, clasele pentru

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

densitatea fragmentării sunt 5. Fiind o regiune de podiş, nu a fost nevoie să se mărească numărul claselor. În analiza expunerii la risc însă (vezi cap. *Harta expunerii la risc)*, s-au stabilit 8 clase pentru o analiză detaliată.

2. Amplitudinea intervalului

$$m = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} = \frac{4{,}5 - 0}{7{,}93} = 0{,}56$$

3. Frecvența absolută (F_a) şi cumulată (F_c) (tabelele nr. 4 şi 5)

4. Media aritmetică $Ma = \frac{4199}{221} = 1{,}9$ km/kmp

6. Mediana, adică elementul din mijloc al seriei 2,3 km/kmp

7. Modulul: $Mo = x_i + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \cdot \Delta$

$$Mo = 2{,}1 + \frac{33{,}30}{33{,}30 + 13{,}7} \cdot 1 = 2{,}7 \text{ km/kmp}$$

Variabilitatea datelor

1. Amplitudinea $A = 4{,}5 - 0 = 4{,}5$ km/kmp

2. Abaterea standard $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - Ma)^2}{n}} = 1{,}06$ valoare ce indică o împrăştiere mare în jurul mediei.

3. Dispersia $D = \sigma^2 = 1{,}06^2 = 1{,}12$

4. Coeficientul de variație $C_v = \frac{\sigma}{Ma} \cdot 100 = \frac{1{,}06}{1{,}9} = 55\%$ valoare ce arată o variație relativă a datelor analizate.

Forma repartiției

1. Coeficientul de asimetrie Pearson

$As = \frac{Ma - Mo}{\sigma} = \frac{1{,}9 - 2{,}7}{1{,}06} = -0{,}75$ adică o repartiție asimetrică de stânga

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. Coeficientul de boltire

$$B = \frac{\sum (x - Ma)^4 f_a}{(D)^2} = \frac{n}{} = \frac{(0,5-1,9)^4 \cdot 23,06 + (1,5-1,9)^4 \cdot 29,84 + (2,5-1,9)^4 \cdot 31,65}{1,13^2} + \frac{221}{}$$

$$+ \frac{(3,5-1,9)^4 \cdot 13,56 + (4,5-1,9)^4 \cdot 1,89}{1,13^2} + \frac{221}{} = 0,94$$ repartiție cu boltire aplatizată, slabă.

Situația este normală pentru valori ale densității fragmentării reliefului unei regiuni de podiș.

Dimensiunea optimă a eșantionului

1. Eroarea standard de eșantionare

$$E_s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{1,06}{\sqrt{221}} = 0,071$$ (o abatere standard a mediei de eșantionare mică, ceea ce indică un eșantion corect ales din punct de vedere numeric).

2. Intervalul de încredere

$\mu = Ma \pm z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ cu $z = 1,96$ pentru probabilitatea luată în calcul de 0,95.

$$\mu_1 = 1,9 + 1,96 \frac{1,06}{\sqrt{221}} = 2,03$$

$$\mu_2 = 1,9 - 1,96 \frac{1,06}{\sqrt{221}} = 1,77$$

3. Dimensiunea eșantionului

$$n = \frac{(t\sigma)^2}{\Delta^2} = \frac{(1,64 \cdot 1,06)^2}{0,13^2} = 179$$

unde t se citește direct în tabele pentru probabilitatea dată (0,95) (anexa 1): $t = 1,64$

Au fost luate în calcul 221 de valori, deci eșantionul este ușor supradimensionat. Rezultatul este în concordanță cu cel de la eroarea standard de eșantionare).

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 3. Valorile energiei şi densităţii fragmentării reliefului (vezi caroiajul kilometric - fig 28)

(energia de relief în m, densitatea fragmentării în km/kmp)

Nr. carou	Energia de relief	Densitatea fragmentarii	Nr. carou	Energia de relief	Densitatea fragmentarii	Nr. carou	Energia de relief	Densitatea fragmentarii
1	40	0	74	160	2.9	147	90	1.5
2	140	1.75	75	100	1.7	148	90	2.5
3	100	1.1	76	130	0.6	149	100	1.1
4	60	2.25	77	70	0	150	90	2.3
5	80	3.1	78	90	0.05	151	110	2.4
6	90	0.3	79	110	3.9	152	140	2.5
7	30	0	80	120	1.7	153	90	4
8	20	0.1	81	110	1.6	154	140	1.2
9	80	0	82	60	3.1	155	110	2.1
10	120	2.5	83	110	2.4	156	120	1.9
11	140	1	84	100	3.3	157	130	2.6
12	120	3.1	85	120	4.1	158	100	1.1
13	110	1.3	86	80	1.9	159	150	2.3
14	130	0.8	87	100	1.7	160	80	0
15	160	1.5	88	40	0.2	161	180	2.4
16	70	3.1	89	90	2	162	140	1.7
17	140	1.8	90	100	3.3	163	150	0.9
18	90	1.3	91	90	3.1	164	150	2.7
19	110	1	92	160	1.9	165	90	2.1
20	110	3.2	93	160	2.1	166	100	2.9
21	110	4	94	130	2.1	167	130	3.2
22	110	2.5	95	30	0.1	168	140	1.8
23	130	3.4	96	110	1.3	169	120	1.9
24	100	3.8	97	120	2.6	170	130	1.7
25	110	2.25	98	120	2.3	171	150	2.4
26	70	2.8	99	60	2.2	172	180	4.1
27	10	1.1	100	120	2.8	173	120	1.4
28	20	0	101	90	1.1	174	90	1.8
29	100	0.5	102	120	2.6	175	30	0.1
30	60	1.1	103	60	1.2	176	140	0.15
31	130	1.4	104	80	2.2	177	130	2.6
32	100	1.75	105	70	1.1	178	120	3.4
33	130	1.8	106	80	0.4	179	120	1.5
34	70	3.1	107	80	2.1	180	90	2.8
35	120	2.6	108	110	1.8	181	150	1.9
36	130	2.1	109	120	2.8	182	70	4.5
37	120	1.75	110	110	2.7	183	80	3.9
38	90	0.7	111	100	1.9	184	110	3.8
39	50	0.8	112	120	2.7	185	100	2.5
40	120	1.1	113	150	2.5	186	150	4
41	80	0.7	114	160	2.6	187	40	0.4
42	80	0	115	170	1.7	188	120	1.2
43	70	0	116	180	1.5	189	100	1.6

BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITARĂ

Nr. carou	Energia de relief	Densitatea fragmentarii	Nr. carou	Energia de relief	Densitatea fragmentarii	Nr. carou	Energia de relief	Densitatea fragmentarii
44	90	0.35	117	140	1.8	190	120	2.1
45	130	3.4	118	100	2.6	191	120	2.4
46	110	2.2	119	150	2.1	192	130	1.5
47	130	2.4	120	110	2.3	193	100	2.1
48	140	2.3	121	130	0.3	194	150	0.95
49	60	3.1	122	110	2.5	195	140	2.2
50	100	1.7	123	60	0.45	196	90	1.4
51	120	1.1	124	60	0	197	60	1.7
52	180	1.8	125	60	0.3	198	100	0.7
53	90	1.8	126	100	3.2	199	100	3.1
54	30	0.3	127	140	1.5	200	190	0.8
55	30	1.5	128	130	1.6	201	140	0.9
56	110	3.2	129	70	2.1	202	110	2.3
57	110	2	130	90	2.1	203	70	0
58	90	2.2	131	110	1.8	204	110	2.4
59	90	0.4	132	110	1.7	205	80	0.7
60	40	0	133	140	2.9	206	80	0.6
61	130	2.1	134	170	2.5	207	140	2.25
62	110	1.5	135	110	4.1	208	100	0.75
63	140	1.8	136	120	3.1	209	90	1.2
64	110	2.3	137	100	2	210	90	2.9
65	110	2.1	138	100	2.5	211	70	1.3
66	130	3.2	139	150	3.4	212	70	0.45
67	110	2.2	140	110	1.8	213	70	2.4
68	110	2.8	141	160	3.1	214	70	2.3
69	80	1.5	142	100	0.5	215	120	1.9
70	50	0.75	143	60	0	216	90	2.1
71	40	0	144	170	3.3	217	40	0
72	60	1.45	145	160	1.1	218	130	1.5
73	120	3.5	146	120	1.7	219	60	0
						220	50	0.1
						221	80	0.25

Tabel 4. Date cantitative ale densității fragmentării reliefului

Clasele (km/kmp)	Suprafața		Număr de valori	Frecvența relativă (%)	Frecvența cumulată (%)
	kmp	%			
0 - 1	23	12,90	51	23,06	23,06
1,1 - 2	60	33,30	66	29,84	52,90
2,1 - 3	64	36,10	70	31,65	84,55
3,1 - 4	25	13,70	30	13,56	98,11
4,1 - 5	7	3,90	4	1,89	100,00
Total	179	100	221	100	

Media = 1,9 km/kmp; Mediana = 2,3 km/kmp; Modulul = 2,7 km/kmp

Tabel 5. Date cantitative ale adâncimii fragmentării reliefului

Clasele (km/kmp)	Suprafața		Număr de valori	Frecvența relativă (%)	Frecvența cumulată (%)
	kmp	%			
< 50 m	6	3,30	17	7,69	7,69
51 - 100 m	50	27,70	65	29,41	37,10
101-150 m	106	59,50	115	52,05	89,15
>150 m	17	9,40	24	10,85	100
Total	179	100	221	100	

Media = 108,23 m; Mediana = 110 m; Modulul = 113,5 m

1.3.2. Corelația între densitatea și adâncimea fragmentării reliefului

Valorile densității fragmentării și energiei reliefului au fost corelate folosindu-se două metode:

- rezultatele obținute prin metoda cartogramelor în cele 221 de cartograme au fost mediate pe clase de valori (tabelul 6) și reprezentate grafic (fig.27a); s-a obținut un coeficient de corelație $r = 0,66$;

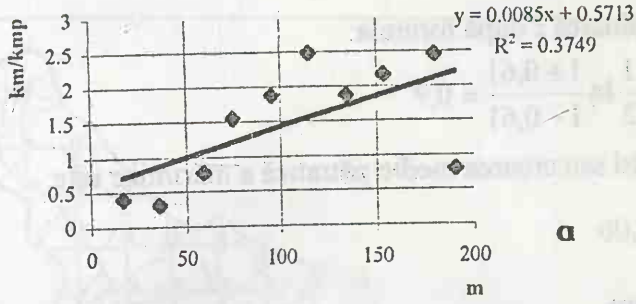
- s-au reprezentat grafic cele 221 de valori (nemediate) (fig.27b); s-a obținut un coeficient de corelație $r = 0,39$; analizând fiecare pereche de valori (din cele 221), se constată că circa 60 de perechi prezintă corelație inversă, adică o valoare crește, iar alta scade, astfel încât panta dreptei și coeficientul de corelație sunt alterate. Ideea acceptării unei corelații mai bune este susținută de analiza pe bazine hidrografice (vezi fig.17).

Pentru verificarea semnificației $r = 0,66$ s-au aplicat testele de verificare Student și Fischer.

Tabelul 6. Valori mediate ale energiei (m) și densității fragmentării reliefului (km/kmp)

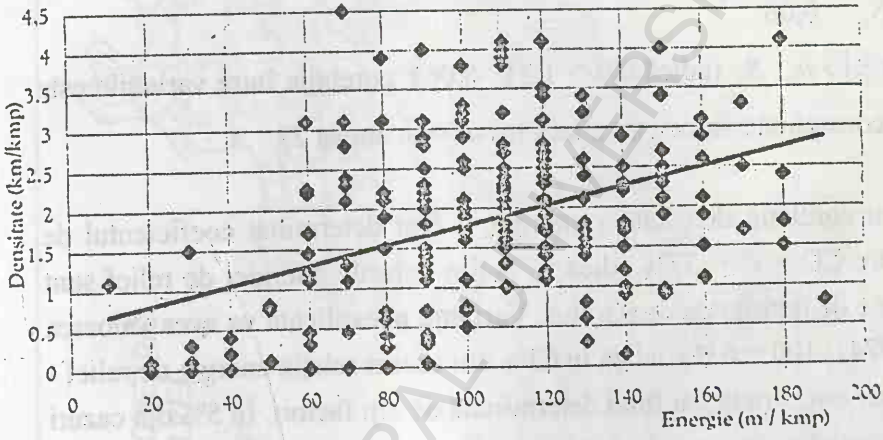
Intervale	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Energia	16,60	35,71	58,69	74,28	95,21	114,87	134,28	153,75	180	190
Densitatea	0,4	0,32	0,78	1,55	1,88	2,48	1,88	2,17	2,46	0,8

BABEŞ-BOLYAI UNIVERSITY LIBRARY



a

Fig. 27. Corelația dintre energie și densitate: a, valori mediate; b, valori nemediate



b

Testul Student

$t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ unde r reprezintă coeficientul de corelație, n este numărul de valori luat în calcul.

$$t = 0{,}61\sqrt{\frac{221-2}{1-0{,}61^2}} = 11{,}37$$

Nivelul de semnificație pentru diferite valori ale lui t și n poate fi regăsit cu tabelele din anexa 1.

De aici rezultă că coeficientul obținut este semnificativ.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Testul Fischer

Se calculează valoarea z după formula:

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+0,61}{1-0,61} = 0,9$$

Abaterea standard sau eroarea medie pătratică a mărimii z este:

$$S_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}} = 0,06$$

Mărimea aleatoare

$$u = \frac{|z|}{S_z} = \frac{0,9}{0,06} = 15$$

Cum $|z| > u_p \cdot S_z$ (adică 0,9 > 1,31 · 0,06), corelația între variabile este bună. u_p corespunde valorii inverse a lui u (vezi anexa 2).

Pentru corelația densitate - energie, a fost determinat coeficientul de determinare CD = r^2 = 37% adică 37% din valorile energiei de relief sunt determinate de densitatea drenajului. Varianța neexplicată va avea valoarea de (1 - 0,3741)·100 = 63%, adică în 63% din cazuri relația energie de relief - densitate nu este strictă, ea fiind determinată de alți factori. În 5% din cazuri este autocorelație, în sensul că energia determină densitatea și densitatea determină energia.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

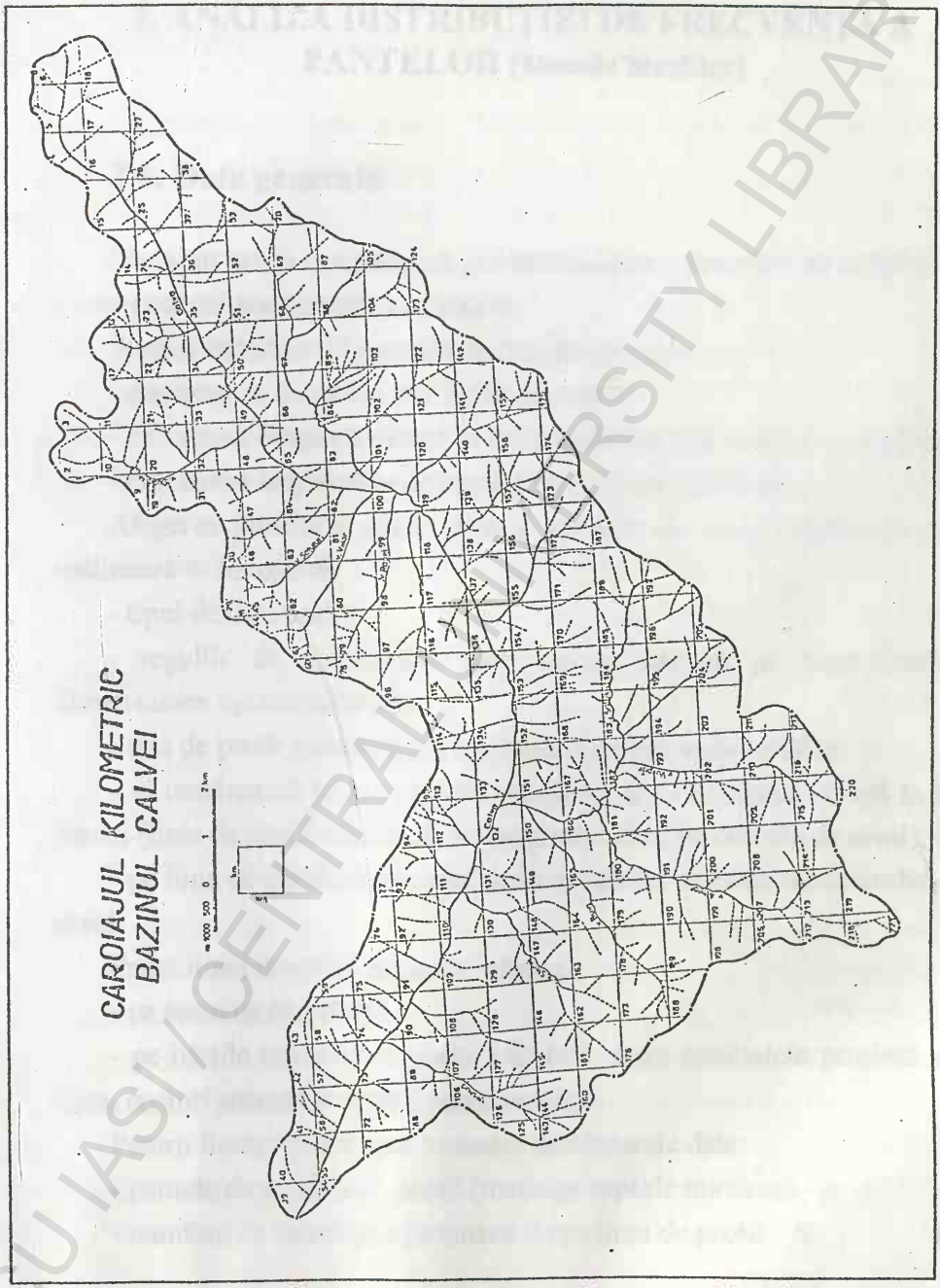


Fig. 28. Caroiajul kilometric

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. ANALIZA DISTRIBUȚIEI DE FRECVENȚĂ A PANTELOR (Metoda Strahler)

2.1. Date generale

Panta nu este o componentă geomorfologică a formelor de relief ci este o componentă geometrică, cantitativă.

Studiul cantitativ al pantelor se realizează prin:

- compararea formelor profilelor de versant;
- calcularea lungimii pantei de la cumpăna de apă la baza versanților;
- calcularea unghiurilor de pantă în funcție de orizontală.

Alegerea profilului pantei este o operație de mare importanță ce se realizează în funcție de:

- tipul de date dorit;
- regulile de eşantionare care trebuie urmate pe teren (inclusiv dimensiunea eşantionului ales).

Linia de profil trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să urmărească linia de profil adevărată de la cumpăna de apă la baza pantei (linia de profil trebuie să fie perpendiculară pe curbele de nivel);
- pe linia de profil se măsoară panta urmărind distanța dintre curbele de nivel.

Panta liniei de profil se poate măsura:

- pe teren cu teodolitul;
- pe hărțile topografice scara 1:25.000, unde rezultatele prezintă erori mici, costuri scăzute şi operativitate maximă.

Pentru fiecare profil sunt necesare următoarele date:

- pantele de pe linia de profil (mai ales pantele maxime) - *p*;
- numărul de valori de eşantioane de pe linia de profil - *N*.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Există o tendință a pantelor de a se grupa în jurul unei medii, tendință care poate fi luată ca expresie a unei legi morfologice care leagă panta de alți factori.

Această lege se poate enunța astfel: "într-o zonă cu litologie, sol, vegetație și stadii de dezvoltare uniforme, unghiurile pantei tind să fie normal distribuite, cu dispersie mică în jurul valorii medii, determinată de: densitatea drenajului, relief, profilul pantei".

Davis afirmă legat de prezența pantelor de eroziune că: "pantele unui teren sunt în echilibru, adică profilele de pantă sunt în echilibru cu profilele de canal (talveg)."

În aceste condiții, gradientul văii și gradientul canalului variază direct proporțional: pante mari ale versanților corespund unor gradienți mari ai talvegului și invers.

Această relație între panta talvegului și a versantului a fost sesizată de Horton (1945) care propune formula:

$$r_p = \frac{S_c}{S_g}$$ unde r_p este raportul de pantă, S_c este panta talvegului și S_g este panta versantului.

Raportul de pantă S_c/S_g prezintă valori subunitare și indică tendința spre acumulare sau eroziune din regiunea analizată. Datele obținute reprezintă media unui mare număr de măsurători, de aceea poate prezenta mari variații și erori și se recomandă ca analiza să se efectueze în teren, pentru o mai mare siguranță.

Pentru a minimiza această variabilă care poate prezenta erori și vicia rezultatele, se recomandă ca citirile de pantă să se realizeze de-a lungul cursurilor de ordinul doi (lângă punctul unde sunt formate din joncțiunea celor două cursuri de ordinul 1).

Aplicarea metodelor de statistica distribuției de frecvență prezintă două avantaje:

- dă o metodă cantitativă standardizată de a descrie caracteristicile unghiurilor de pantă;

BCU "I.S. CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- oferă un mijloc de evaluare a măsurătorilor din teren şi permite evitarea unor concluzii eronate din datele numerice.

2.2. Aplicaţie - bazinul Valea Babeş (Teleajen)

Metoda de lucru (metoda Strahler) cuprinde următoarele etape:

1. Se aleg profilele pe care se calculează unghiurile de pantă (atenţie: linia profilului trebuie să fie perpendiculară pe versant) (fig.29)

2. În funcţie de scara hărţii şi echidistanţa acesteia, utilizând tabelele de valori, se calculează pantele de pe linia de profil.

3. Se determină pe fiecare linie pantele medii S_g; acestea pot fi calculate prin două metode:

- prin media aritmetică a valorilor de pe linia de profil;

- după formula $tg\varphi = \frac{\Delta H}{s}$ unde φ este panta medie, ΔH este diferenţa de altitudine şi s este lungimea profilului.

4. Se stabilesc categoriile de pantă după regulile statisticii.

5. Se calculează numărul de valori în fiecare clasă (frecvenţa absolută) precum şi ponderea procentuală (frecvenţa relativă).

6. Se calculează S_c - panta talvegului după formula $tg\varphi = \frac{\Delta H}{s}$

7. Datele obţinute se înscriu în tabele centralizatoare (tabelele 7 şi 8).

8. Se realizează raportul S_c/S_g care are valoare subunitară (tabelul 9).

9. Se construiesc: - histograma (fig. 30);
- graficul frecvenţelor cumulate (fig. 31);
- graficul semilogaritmic al valorilor S_c, S_g (fig. 32);

Datele au fost obţinute pentru o regiune montană, Valea Babeş fiind afluent pe dreapta al Teleajenului (vezi tabelele 7-9 şi figura 32 care arată predominarea eroziunii în această regiune).

Graficul relevă şi echilibrul pantelor versanţilor şi talvegurilor din arealul analizat.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

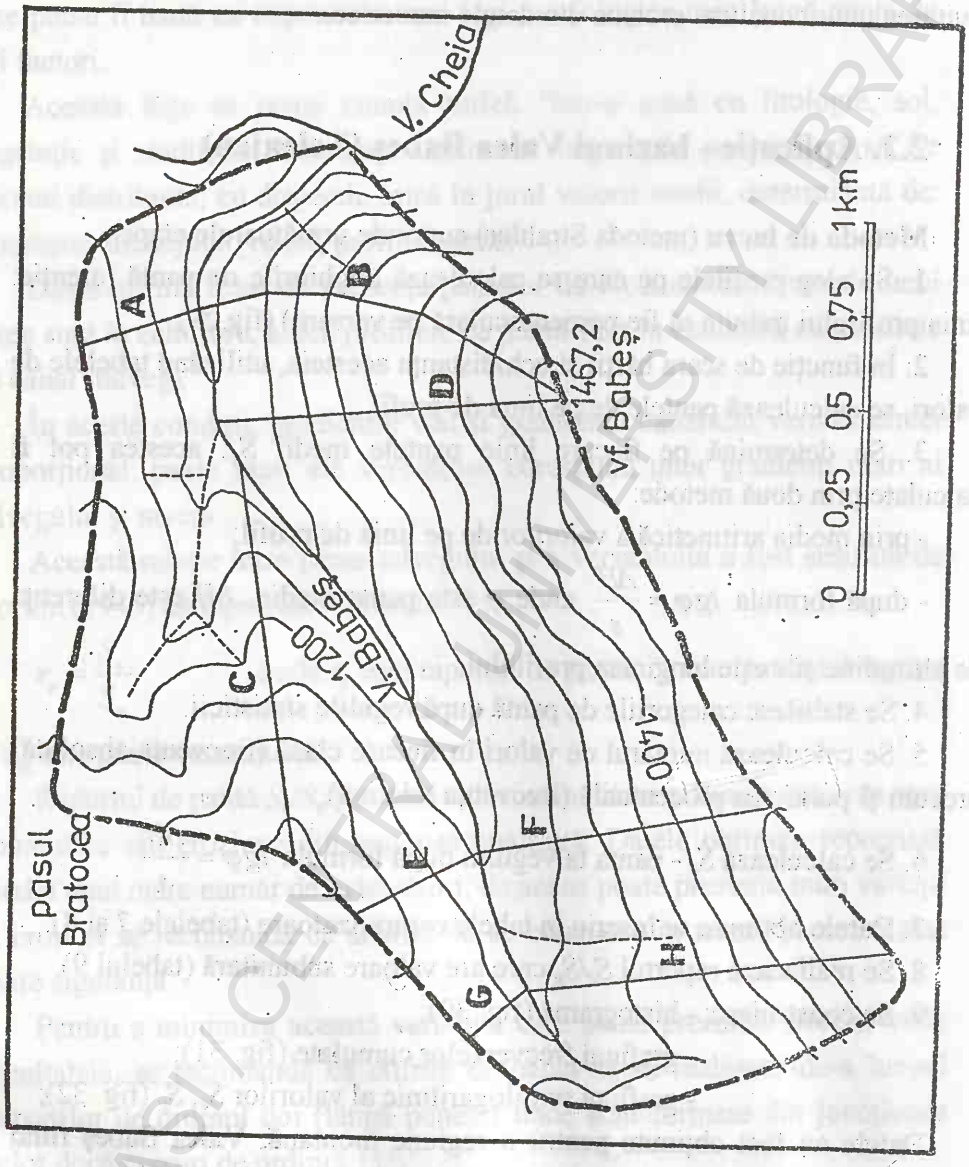


Fig. 29. Bazinul hidrografic Babeş

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

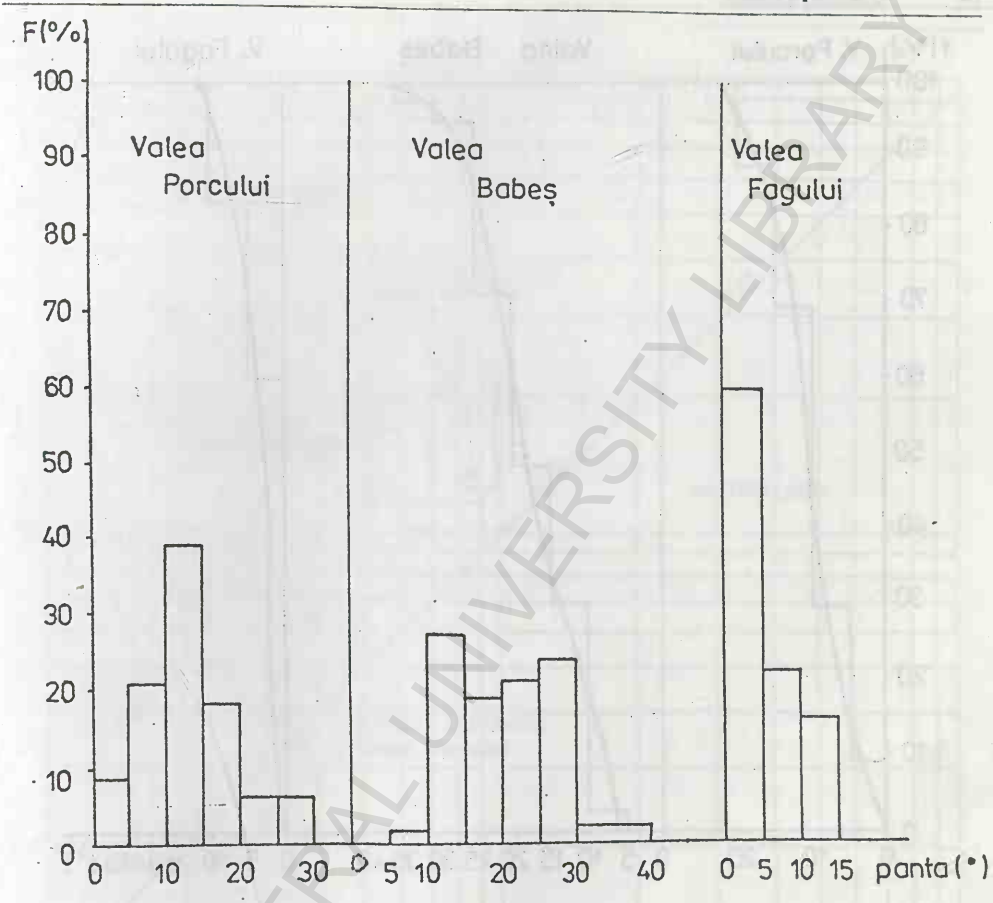


Fig. 30. Histograma frecvenței pantelor

Tabel 7. Valoarea pantelor în bazinul Babeș, Teleajen (A... H sunt versanții din hartă)

	Versanții (grade)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	14	12,5	16	18	14	8	22	14
	24		28	22	28	12	27	28
	22		22	26	22,5	26	18	
	12,5		26		45	16	14	
	11		18		22	18	26	
					26	22	34	
					11	12	16	
P_m	17,2	12,5	21,8	20,55	19,9	16,26	23,42	22,29

BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

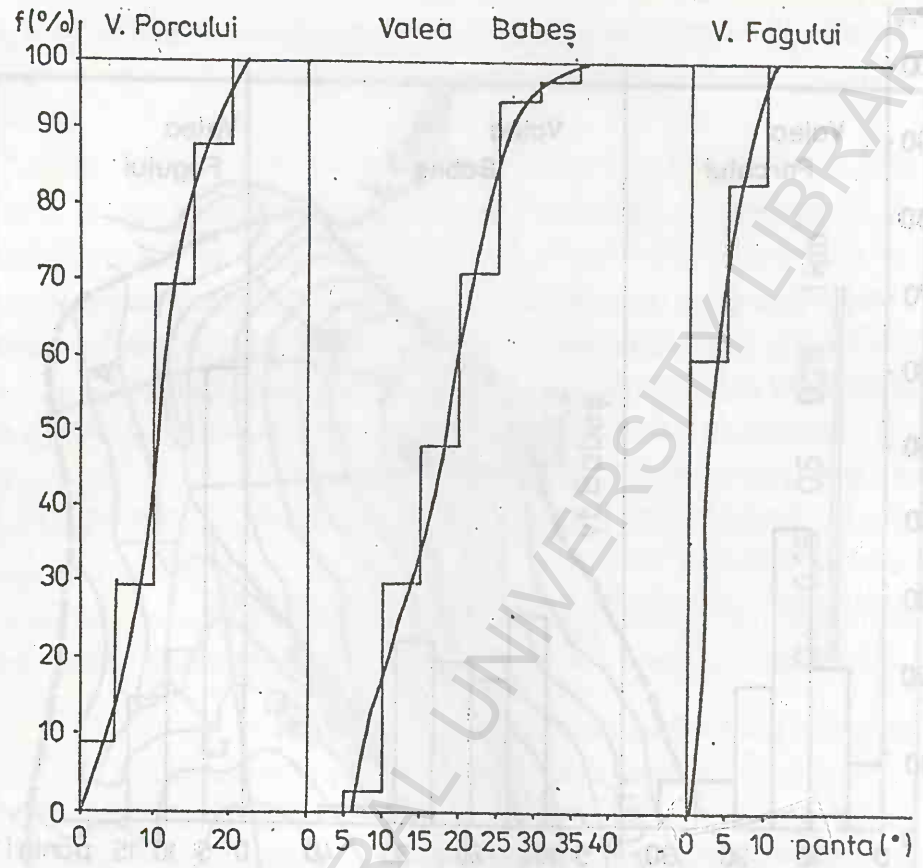


Fig. 31. Graficul frecvențelor cumulate

Tabel 8. Frecvența pantelor

Panta (grade)	Număr determinat	Procent	Procent cumulat
0 - 5	-	-	-
5 - 10	1	2,7	2,7
11 - 15	10	27	29,7
16 - 20	7	18,9	48,6
21 - 25	8	21,6	70,2
26 - 30	9	24,4	94,6
31 - 35	1	2,7	97,3
36 - 40	1	2,7	100

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

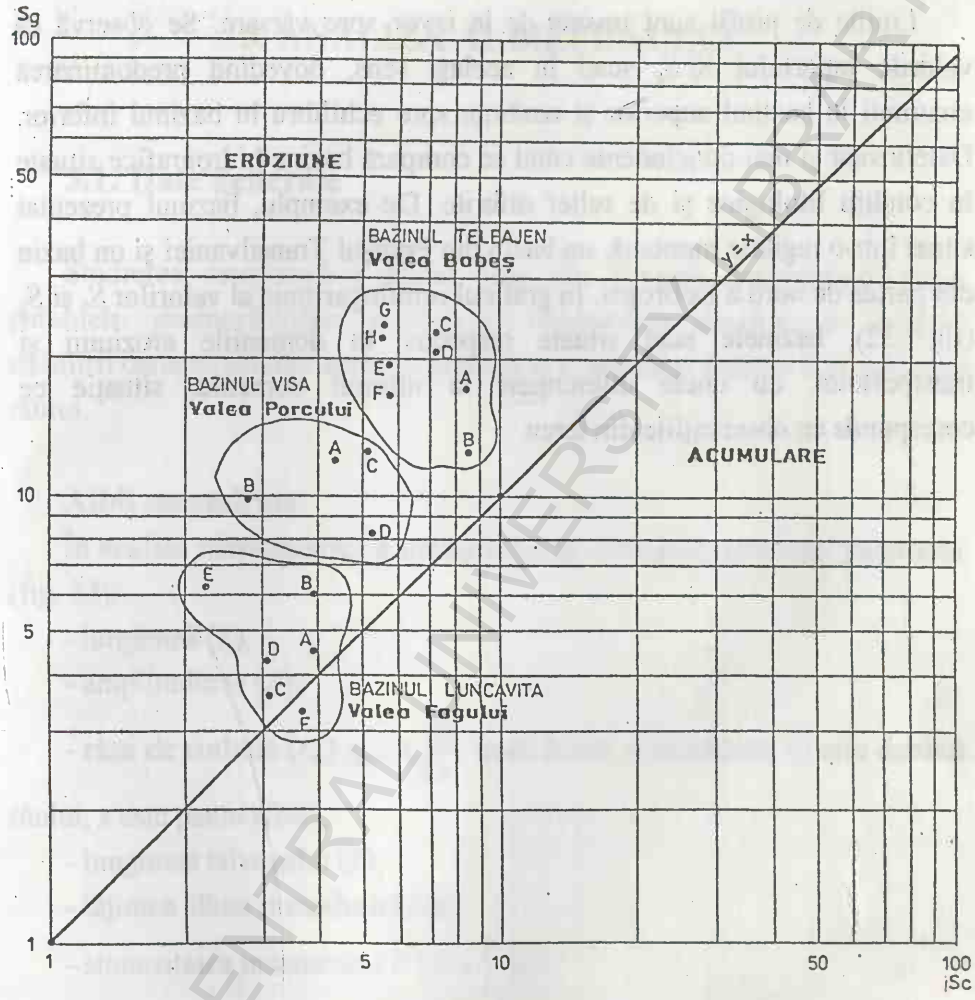


Fig. 32. Graficul valorilor S_c, S_g

Tabel 9. Raportul pantelor (A... H sunt versanții din hartă, I...IV sunt liniile de profil din hartă)

Profilul	S_c (grade)	S_g (grade)	S_c/S_g
I	8,66	A - 17,2	0,503
		B - 12,5	0,692
II	7,39	C - 21,8	0,338
		D - 20,55	0,359
III	5,89	E - 19,9	0,295
		F - 16,26	0,362
IV	5,87	G - 23,42	0,250
		H - 22,29	0,263

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Liniile de profil sunt trasate de la izvor spre vărsare. Se observă că valorile raportului S_c/S_g scad în acelaşi sens, dovedind predominarea eroziunii în bazinul superior şi tendinţa spre echilibru în bazinul inferior. Datele sunt şi mai concludente când se compară bazine hidrografice situate în condiţii litologice şi de relief diferite. De exemplu, bazinul prezentat situat într-o regiune montană, un bazin din Podişul Transilvaniei şi un bazin din partea de nord a Dobrogei. In graficul semilogaritmic al valorilor S_c şi S_g (fig. 32), bazinele sunt situate respectiv în domeniile eroziunii şi transportului, cu unele diferenţieri la ultimul domeniu, situaţie ce corespunde cu observaţiile din teren.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3. ANALIZA ALBIEI RÂULUI

3.1. Date generale

Studierea cantitativă a albiei unui râu vizează determinarea unor parametri geomorfologici, analiza şi compararea acestora în vederea stabilirii caracteristicilor actuale, precum şi a tendinţei dinamicii şi evoluţiei râului.

Albii meandrate

În analiza morfometrică a meandrului se utilizează următorii parametri (fig. 33):

- lungimea (L);
- amplitudinea (A);
- raza de curbură (r_m) $r_m = k\sqrt{\frac{Q}{s}}$ unde k este o constantă, Q este debitul râului, s este panta albiei;
- lungimea talvegului (T);
- lăţimea albiei meandrului (l);
- sinuozitatea meandrului P ($P = \frac{T}{L}$);
- unghiul maxim dintre traseul meandrului şi direcţia medie spre aval a acestuia (W);
- adâncimea albiei (d);
- panta albiei (s);
- lungimea totală pe meandru (M).

Între aceşti parametri există o serie de relaţii:

- între lungimea meandrului (L) şi raza medie de curbură (r_m):

$L = 4{,}7 \cdot r_m^{0{,}98}$

- între raza medie a curburii (r_m) şi lăţimea albiei (l):

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$r_m \cong (2...3) \cdot l$

- între amplitudinea meandrului (A) şi lăţimea albiei (l):

$A = 18{,}6 \cdot l^{0{,}99}$ $\qquad A = 4{,}5 \cdot l$

- între indicele de sinuozitate (P) şi adâncimea albiei (d): $P = 3{,}5 \cdot d^{=0{,}27}$

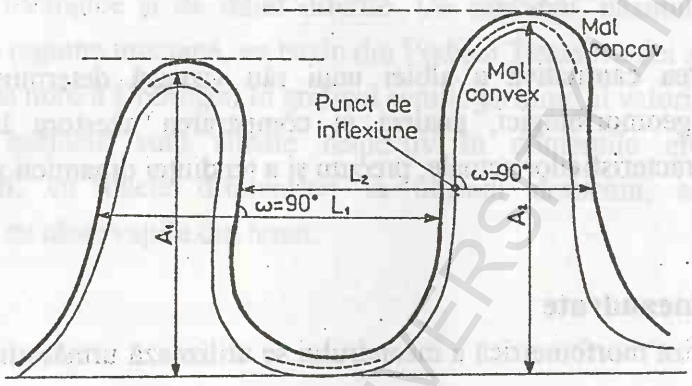


Fig. 33. Elementele unui meandru

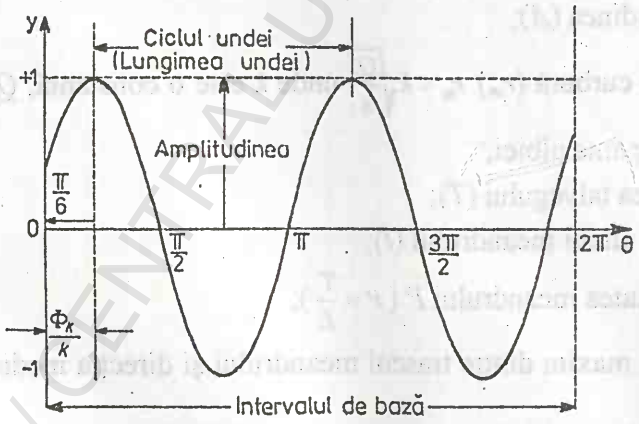


Fig. 34. Calcularea elementelor unui meandru

Morfologia albiei meandrate evidenţiază o serie de forme de relief adiacente albiei:

- lobul (suprafaţa delimitată în interiorul buclei de meandru);
- pedunculul meandrului (gât de lebădă) - secţiunea cea mai îngustă a lobului.

BCU IAŞI / CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Meandrele pot fi considerate **unde oscilatorii armonice** (se repetă înainte şi înapoi în timp şi spaţiu) de la -∞ la +∞ (fig. 34).

Meandrele ca unde armonice se caracterizează prin:

- amplitudinea A - egală cu unitatea;
- direcţia meandrelor θ;
- frecvenţa (k) care este numărul de unde pe interval de bază;
- intervalul de bază în care oscilează unda $\theta_n = \frac{2\pi}{n}$;
- lungimea de undă sau perioada 2π;
- unghiul de fază φ_k;
- schimbarea de fază $\frac{\varphi_k}{k}$ ce măsoară distanţa la care se află de prima creastă.

Meandrele pot fi considerate **serii de timp Fourier**, adică funcţii alternative de $\sin\omega t$ şi $\cos\omega t$:

$$y = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k \sin k\theta + b_k \cos k\theta)$$

unde $a_k = A_k \sin\theta_k$, $b_k = A_k \cos\theta_k$ (A_k - amplitudinea meandrului, θ_k - faza unghiului).

Oscilaţia descrisă este o curbă sinusoidală, ce rezultă din descrierea simplă a buclelor individuale de meandru.

Dacă meandrul descrie o curbă sinusoidală perfectă, el ar trebui să aibă un singur vârf ascuţit la o frecvenţă l/λ.

Dacă meandrul nu descrie o curbă sinusoidală perfectă, atunci el are vârfuri multiple.

Asimetria secţiunii transversale a albiilor meandrate:

$$S = \frac{A_d - A_s}{A} \qquad \text{sau} \quad S = \frac{2(d_{max} - d)}{A}$$

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

unde A_d, A_s - suprafaţa secţiunii transversale la stânga şi la dreapta liniei centrale a albiei.

$A = A_d + A_s$ este suprafaţa totală a albiei

unde d_{max} este adâncimea maximă

d este adâncimea medie

Coeficientul de sinuozitate al râului

$k_s = \frac{L_s}{L_d}$ unde L_s este lungimea reală (sinuoasă)

L_d este lungimea în linie dreaptă

Coeficientul de sinuozitate este întotdeauna mai mare decât 1. Dacă coeficientul este mai mare de 1,5, albia este meandrată.

Albii despletite

Acolo unde patul albiei minore are o înclinare foarte redusă, viteza curentului de apă scade şi ca urmare puterea de eroziune şi transport a râului se reduce în favoarea acţiunii de depunere a aluviunilor.

Prin depunere, râul începe să se ramifice în mai multe braţe. Braţul principal (B_p) este considerat braţul cel mai lung, cu debitul cel mai mare, iar celelalte sunt numite braţe secundare (b_1, b_2, ...b_n).

Între aceste braţe sunt cuprinse (fig. 35) grinduri, ostroave permanente şi bancuri nisipoase.

Gradul de ramificare se exprimă prin coeficientul de ramificare, care reprezintă raportul dintre suma tuturor braţelor râului şi braţul principal.

$$k_{ds} = \frac{b_1 + b_2 + ... + b_n + B_p}{B_p}$$

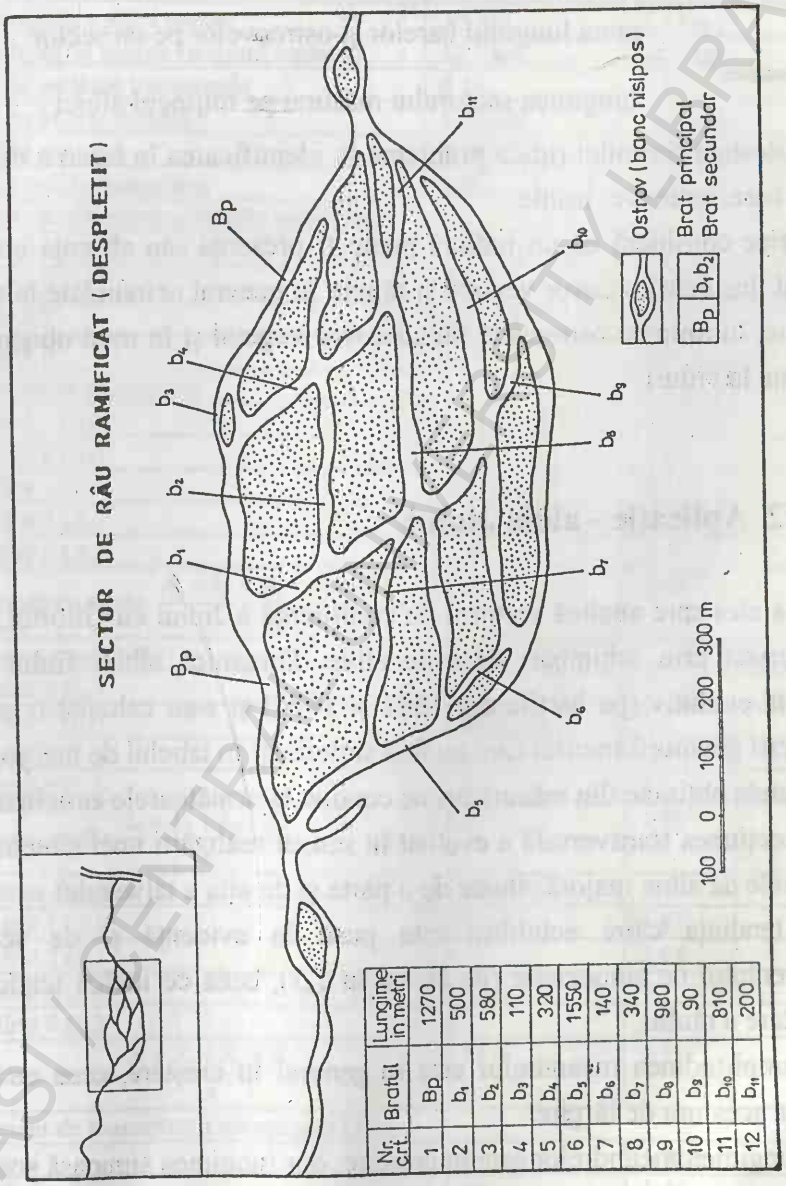
Pentru datele din figura 35, se calculează coeficientul de despletire k_{ds}.

$$k_{ds} = \frac{500 + 580 + 110 + 320 + 1560 + 140 + 340 + 980 + 90 + 810 + 200 + 1270}{1270}$$

$$k_{ds} = 5{,}43$$

Acest coeficient semnifică un grad mare de despletire.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



Nr. crt.	Bratul	Lungime în metri
1	Bp	1270
2	b_1	500
3	b_2	580
4	b_3	110
5	b_4	320
6	b_5	1550
7	b_6	140
8	b_7	340
9	b_8	980
10	b_9	90
11	b_{10}	810
12	b_{11}	200

(după Pişota şi Zaharia, 1995)

Fig. 35. Calcularea coeficientului de ramificare

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Coeficientul de împletire (după Brice)

$$I_{\text{împletire}} = \frac{\text{suma lungimii barelor şi ostroavelor pe un sector}}{\text{lungimea sectorului măsurat pe mijlocul albiei}}$$

Folosirea formulei ridică probleme în identificarea în teren a diferenței dintre bare, ostroave, insule.

Brice consideră că un indiciu poate fi prezența sau absența covorului vegetal. Insulele au covor vegetal şi rămân în general neinundate la niveluri maxime, în timp ce ostroavele nu au covor vegetal şi în mod obişnuit sunt inundate la viituri.

3.2. Aplicație - albia Jiului

S-a ales spre analiză sectorul de confluență a Jiului cu Gilortul, sector caracterizat prin schimbări dese de albie. Dinamica albiei Jiului a fost urmărită evolutiv (pe hărțile din 1867 şi 1974) şi s-au calculat o serie de parametri geomorfometrici care au fost sintetizați în tabelul de mai jos.

Datele obținute din măsurători ne conduc la următoarele **concluzii**:

- secțiunea transversală a evoluat în sensul realizării unei simetrii între sectoarele de albie majoră situate de o parte şi de alta a talvegului.
- tendința către echilibru este pusă în evidență şi de scăderea coeficientului de sinuozitate (de la 1,6 la 1,3), ceea ce indică tendința de îndreptare a râului.
- amplitudinea meandrelor este în general în creştere, ceea ce indică tendința acestora de lărgire.
- lungimea meandrelor este în creştere, dar lungimea sinuoasă scade, de aici scăderea coeficientului de sinuozitate.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Parametrul	Harta din 1867	Harta din 1974
lățimea medie a albiei majore	3,5 km	3,5 km
lungimea albiei majore (sectorul analizat)	12,5 km	12,5 km
asimetria secțiunii transversale	0,14	0,12
lungimea în linie dreaptă	12,5 km	12,5 km
lungimea sinuoasă	21 km	16,25 km
coeficientul de sinuozitate	1,60	1,30
Unghiul de schimbare a direcției meandrului		
meandrul 1	90°	90°
meandrul 2	90°	90°
meandrul 3	90°	90°
meandrul 4	90°	90°
Amplitudinea meandrului		
meandrul 1 (A_1)	1,35	1,7
meandrul 2 (A_2)	1,5	1,85
meandrul 3 (A_3)	1,25	1,25
meandrul 4 (A_4)	1,35	0,85
meandrul 5 (A_5)	1,30	1,25
Amplitudinea medie $\frac{A_1+A_2+A_3+A_4+A_5}{5}$	1,29	1,44
Lungimea meandrului		
meandrul 1 (L_1)	1,85	2
meandrul 2 (L_2)	1,8	2,1
meandrul 3 (L_3)	2,25	1,7
meandrul 4 (L_4)	1,6	2
Lungimea medie $\frac{L_1+L_2+L_3+L_4}{4}$	1,87	1,95
Lungimea sinuoasă		
meandrul 1 (S_1)	2,5	3,85
meandrul 2 (S_2)	3	2,95
meandrul 3 (S_3)	4,8	4
meandrul 4 (S_4)	4	3,2
Lungimea medie $\frac{S_1+S_2+S_3+S_4}{4}$	3,57	3,5
Coeficient de sinuozitate a meandrului (S/L)		
meandrul 1	1,34	1,925
meandrul 2	1,60	1,41
meandrul 3	2,13	2,4
meandrul 4	2,16	1,6

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

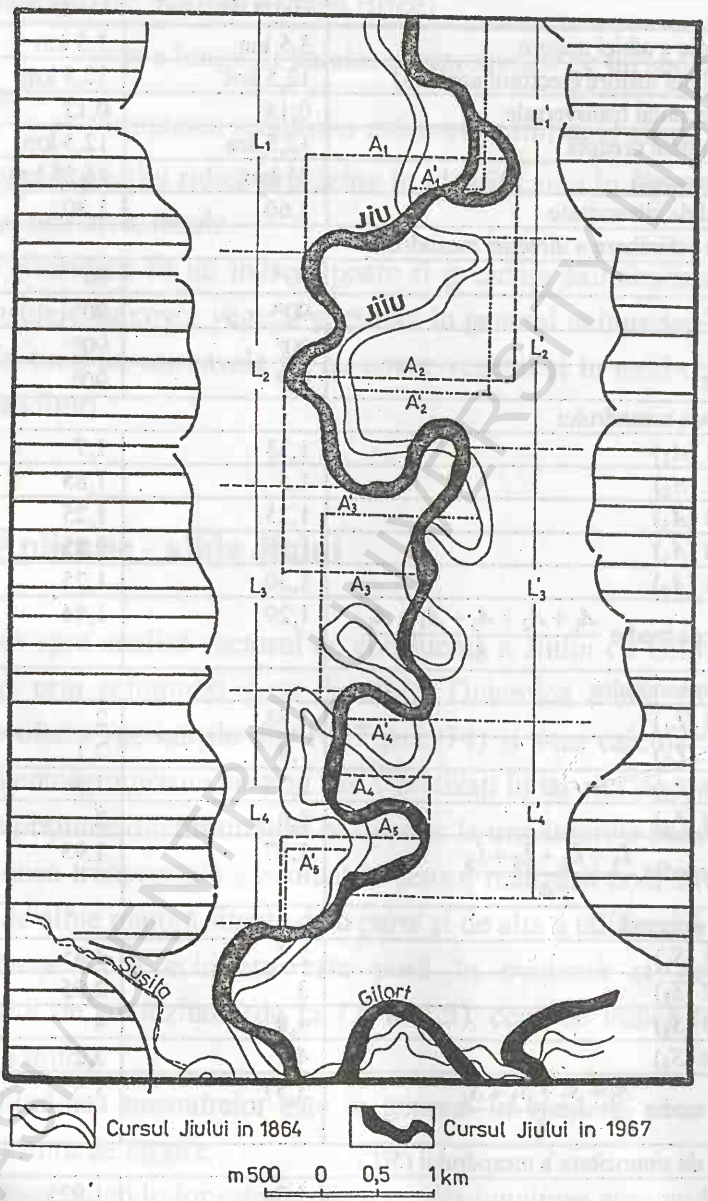


Fig. 36. Evoluția albiei Jiului în timp și morfometria sa

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4. ANALIZA MORFOMETRICĂ A RELIEFULUI GLACIAR ŞI CARTAREA GHEŢII

4.1. Morfometria reliefului glaciar

Valea glaciară

Analiza genezei, evoluției și dinamicii văilor glaciare se realizează pe masive montane. Pentru a putea fi comparate elementele morfometrice ale acestora, se întocmesc fișe-cadru, care cuprind:

LOCALIZAREA VĂII		DIRECȚIA PROBABILĂ DE CURGERE A GHEȚII (ex. N)
ORIENTAREA GENERALĂ A VĂII		LUNGIMEA VĂII (km)
ARIA OCUPATĂ DE VALE		ARIA OCUPATĂ DE ROCA PARENTALĂ DE VALE
LĂȚIMEA VĂII	- valea glaciară propriu-zisă - creastă - creastă (bazinul glaciar) - perete - perete (până la panta în formă de U)	
ALTITUDINEA	- înălțimea maximă de pe vale - înălțimea minimă de pe vale - înălțimea maximă a circului - praguri de pe vale	
VERSANTUL	- unghiul de pantă	- tipul: drept, convex, concav
LACURI	- lungime - lățime	- adâncime - suprafață
CIRCURI	- lungime - suprafață - înălțimea pereților pe vale - suprafața rocii în loc - înălțimea pereților din amonte	- lățime - unghiul de pantă
PROFILUL LONGITUDINAL AL VĂII	- desfășurare	- praguri și rupturi de pantă
ALTE DATE	- procente ocupate de: lacuri, ochiuri de apă, mlaștini, rocă pe vale - înălțimea, lățimea ghețarului - direcția de curgere a ultimei glaciațiuni	

BCU IAȘI UNIVERSITY LIBRARY

Circul glaciar

Circul glaciar reprezintă forma de relief care suferă cel mai mult influența modelării glaciare. Se pot estima o serie de relații între variabilele ce definesc circul (înălțime, lungime) (fig. 37).

Se estimează că relația înălțime/lungime este de ordinul 1/3.

Unghiul de pantă al circului glaciar (fig. 38) se determină după formula:

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{\text{înălțimea superioară a circului}}{\text{lungimea circului}}$$

unde φ este unghiul de pantă.

Orientarea circului. Analiza orientării circului este deosebit de importantă pentru determinarea direcției dominante a vântului și a particularităților suprafeței topografice (suprafețe structurale, diferențieri litologice etc). S-a constatat că mărimea circurilor glaciare nu este aceeași indiferent de orientare. Pe fațada de N și E, acestea sunt mai adânci. Pentru a determina orientarea circurilor se urmăresc mai multe etape:

- delimitarea circurilor glaciare pe harta topografică;
- orientarea circurilor glaciare (orientarea se realizează după diagramă).

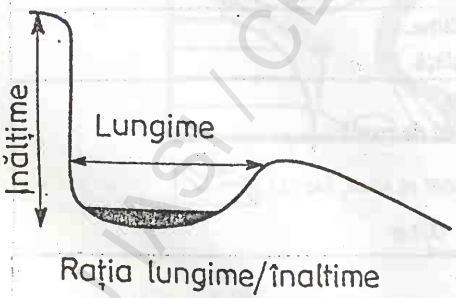


Fig. 37. Morfometria circului glaciar

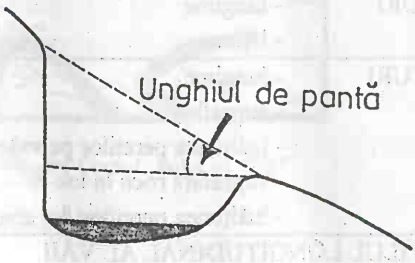


Fig. 38. Unghiul de pantă al circului glaciar

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Se poate aplica această diagramă pentru o populație statistică de lacuri. Orientarea acestor circuri poate fi sintetizată în tabel. (tabelele 10 şi 11).

Tabel 10. Orientarea circurilor glaciare.

N + NE	E + SE	S + SV	V + NV	Total
15	17	7	3	42

Tabel 11. Analiza statistică a circurilor glaciare.

Orientare	Număr de circuri	$E = 42/4 = 10,5$			$(0\text{-}E)^2/E$
		E	$0 - E$	$(0\text{-}E)^2$	
N - NE	15	10,5	4,5	20,25	20,25/10,5 = 1,93
E - SE	17	10,5	6,5	42,25	42,25/10,5 = 4,20
S - SV	7	10,5	3,5	12,25	12,25/10,5 = 1,15
V - NV	3	10,5	7,5	56,25	56,25/10,5 = 5,35

E - valoarea estimată $\Sigma x^2 = 12,63$

Valoarea lui x^2 este semnificativă pentru nivelul 1/10.

Lacul glaciar

Forma lacului glaciar se poate determina după formula

$$C = \frac{1,27 \cdot A}{L^2}$$ unde A = suprafața lacului şi L = axa mare

Dacă prin aplicarea acestei formule obținem:

$C = 1$, atunci lacul are formă perfect circulară

$C = 0,83$, atunci lacul are formă de hexagon

$C = 0,25$, atunci lacul are formă poligonală

Exemplu. Pentru un lac cunoaştem: lungimea = 10km; lățimea = 2km.

$$C = \frac{1,27 \cdot 20}{10^2} = 0,254.$$

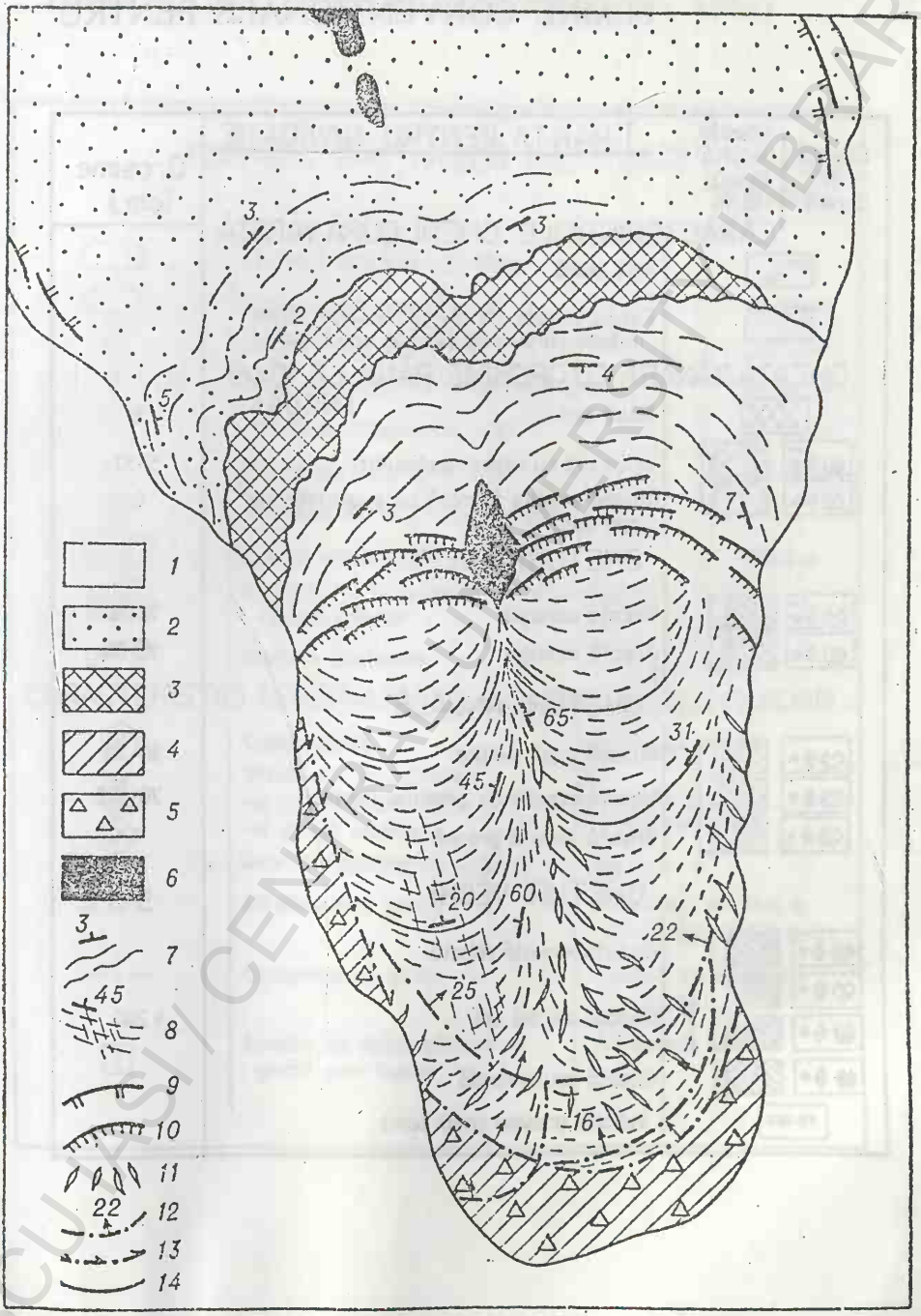
BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4.2. Structura hărții glaciare. Ghețarii de munte

1. Gheața ghețarului
2. Zăpadă şi neve (firn)
3. Gheață suprapusă
4. Gheață moartă (veche)
5. Morenă de ablație pe gheață
6. Roca din substrat (neacoperită de firn sau gheață)
7. Primul strat de firn şi gheață şi poziția lui
8. Textură de gheață transformată şi poziția ei
9. Rimaye
10. Crevase în trepte (pe praguri)
11. Crevase de tensiune (fără dizlocarea verticală a blocurilor)
12. Încălecări şi falii inverse în gheață şi poziția lor
13. Decroşare, deplasare pe un plan de ruptură
14. Iviri locale ale unor suprafețe de discordanță ale gheții

Exemplu de cartare a unui ghețar de munte (după Kotleakov, 1984) →

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



BCU ASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

SEMNE CONVENȚIONALE PENTRU

Ī HARTA PENTRU NAVIGAȚIE

Gheață în derivă | Gheață imobilă lângă țărm

	Grosime (cm.)
CARACTERISTICILE GHEȚII DUPĂ VÂRSTĂ	
Apă pură	
Forme inițiale ale gheșurilor (ace, forme inițiale, porțiuni de zăpadă solidificată)	
GHEAȚĂ TÂNĂRĂ CU GROSIME PÂNĂ LA 10 cm (Nilas)	
Nilas mat	5
Nilas alb cu aspect lenticular	5-10
Gheață subțire formată pe suprafețe de ape dulci	5
GHEȚURI TINERE	
Gheață cenușie	10-15
Gheață cenușie	15-30
GHEȚURI ANUALE	
Gheață albă subțire	30-70
Gheață anuală cu grosime medie	70-120
Gheață anuală groasă	120
GHEȚURI VECHI	
Gheață anuală relictă	
Gheață de doi ani	> 200
Gheață multianuală	
70-100 Indicele grosimii gheții (cm.)	

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

HARTA GHEȚURILOR (după Kotleakov, 1984)

FORMELE GHEȚURILOR PLUTITOARE	Dimensiuni orizontale
Câmpuri glaciare gigantice	10 km
Câmpuri glaciare masive	2-10 km
Câmpuri glaciare mari	0,5-2 km
Fragmente ale câmpurilor glaciare	100-500 m
Gheață cu fragmente mari	20-100 m
Gheață cu fragmente mici	2-20 m
Amestec de fragmente cu apă	< 2 m
Gheață lenticulară	0,3-3 m
Câmpuri cu fragmente de dimensiuni și vârste diferite	
Ghețuri-obstacole	

CARACTERISTICI GENERALIZATE ALE ÎNVELIȘULUI GLACIAR	
Compactitate	10 în trepte 1-10
Structura de vârstă: -a gheții în derivă -a gheții imobile	10 6 cea mai veche 4 cea mai nouă
Grad de aglomerare a gheții	De la 0 – 5
Stratificarea gheții	Suprafața relativă a straturilor (1-10 trepte)
Compresarea gheții	Indicele de presiune (în trepte)
Gradul de destructurare a gheții prin topire	5 trepte (0-5)

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

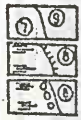
SEMNE CONVENȚIONALE PENTRU

Acoperirea gheții cu zapadă | Scară de la 1 la 3

Poluare | Scară de la 0 la 3

Desimea aisbergurilor | După scară în 9 trepte

RĂSPÂNDIREA ȘI DINAMICA GHEȚURILOR ÎN DERIVĂ



Limita între ghețuri de compactitate diferită

Marginea gheții compacte

Marginea gheții necompacte

Gheață plutitoare

Deplasarea gheții

Deriva gheții

FORMAȚIUNI GLACIARE SEPARATE

Gheață îndesată

Toros - aglomerare de gheață suprapusă

Aglomerari alungite de gheață

Câmp de toros

Bariera de toros

Stamuhi

Stoiuri (grupa de toros plutitor)

Aisberg

Fragmente de aisberg

Crăpătură

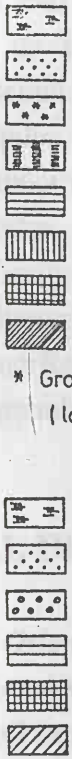
Procese de deformare | Lățimea în metri

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

HARTA GHEȚURILOR (după Kotleakov, 1984)

II. HĂRȚI GENERALE ȘI DE PROGNOZĂ

1 CARACTERISTICI DE VÂRSTĂ ALE GHEȚURILOR



Apa pură

Forme inițiale ale ghețurilor (ace,..)

Ghețuri tinere

Gheață subțire de un an

Gheața anuală cu grosime medie

Gheață anuală groasă

Ghețuri vechi 300 cm* și peste

* Grosimea gheții este dată pentru perioada ciclului depunerii (la sfârșitul iernii)

2. COMPACTITATEA GHEȚII

Apă curată

Gheață rară — Scara de la 1 la 3

Gheață rarefiată — Scara 4 - 6

Gheață compactă — Scara 7 - 8

Gheața foarte compactă — Scara 9 - 10

Lipitură

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5. ANALIZA DEPOZITELOR CORELATE

Metodele analitice de investigare a depozitelor corelate permit descifrarea mediilor litogenetice, de transport, de depunere şi de conservare a celei mai dinamice pături superficiale, care, în parte, se constituie în forme de relief. Ele se bazează în general pe studiul morfometric, morfoscopic, mineralogic, paleontologic, petrografic al fracțiunilor sau al secvențelor stratigrafice atât în afloriment (în deschidere), cât şi a particulelor individuale.

Dintre metodele utilizate în analiza depozitelor corelate, cu semnificație dinamică, prezentăm:

- dispoziția pietrişurilor în stratele sedimentare;
- morfometria galeților;
- granulometria nisipurilor.

5.1. Distribuția pietrişurilor în stratele sedimentare

a) ***Orientarea pietrişurilor*** se obține prin măsurarea unghiului pe care îl face planul vertical care trece prin perpendiculara cu nordul geografic, deci azimutul axei mari a galetului.

Materiale necesare: busolă (de preferat busolă geologică), înclinometru, raportor.

Modul de lucru: măsurătorile se fac pe teren asupra unui număr de cel puțin 50 - 100 de galeți şi se fac în plan orizontal având ca bază planul de stratificație. Mai întâi se determină direcția N cu ajutorul busolei, apoi față de aceasta se măsoară, cu busola sau cu raportorul, azimutul fiecărui galet. În caietul de teren sau în *fişa de observații* se notează:

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

Localizarea (poziția) probei.....Proba nr.....Data.....
Tipul geneticde depozit (fluviatil, proluvial, marin, glaciar etc.) .....
Compoziția mineralogică, roca de proveniență a pietrișurilor.....
Gradul de alterare .....

Nr crt.	Lungimea(*L*)	Lățimea(*l*)	Raportul *L/l*	Azimutul (*Az*-în grade)

Datele înscrise în tabel se grupează pe clase de câte 10 grade cu numărul de galeți corespunzători fiecărei clase:

Azimut	0	10	20	30	40	50	.....	170	180 grade
Număr galeți	10	5	15	7	.....			30	
Procente	10	5	(dacă s-au luat în analiză 100 de galeți)						

Reprezentarea grafică: se trasează pe hârtie milimetrică două axe perpendiculare cu centrul în 0. Axa verticală reprezintă direcția nord - sud (respectiv 0 şi 180 grade). Din centrul 0 se trasează la scară cercuri concentrice, care reprezintă procentajul de galeți pe o anumită direcție. Pentru simplificare se împart galeții în trei mari grupe:

- paraleli *Pa* 0 - 30° 150 - 180°
- intermediari *In* 30 - 60° 120 - 150°
- perpendiculari *Pe* 60 - 90° 90 - 120°

Datele se trec prin puncte în reprezentarea grafică, prin unirea punctelor se obține roza orientării galeților.

Stratificația oblică a depozitului se determină în deschidere, pe o suprafață bine curățată. Se măsoară cu busola geologică direcția căderii stratificației şi unghiul acesteia. Măsurătorile se efectuează pe toate păturile oblic stratificate. Prelucrarea datelor se realizează prin construirea unei diagrame polare. Aceasta constă în trasarea unor cercuri concentrice corespunzătoare unghiurilor de cădere. În centrul cercului, unghiul de cădere este de 0 grade. De asemenea se trasează 36 de linii care împart cercul de 360 de grade în sectoare de câte 10 grade. Ele corespund azimutului. Fiecare măsurătoare se reprezintă printr-un punct dispus cu atât

mai departe de centru cu cât căderea stratificației este mai mare. Numărul maxim de puncte arată direcția predominantă de deplasare a materialului detritic. În figura 41, direcția probabilă a deplasării materialului a fost dinspre nord-est spre sud-vest.

b) ***Înclinarea pietrişurilor*** se observă în plan perpendicular față de planul orientării şi planul de stratificație.

Unghiul pe care îl face planul dominant al galetului (adică planul paralel la lungimea şi la lățimea galetului) cu planul de stratificație constituie înclinarea *I*, care variază între 0 şi 90 grade (fig. 39).

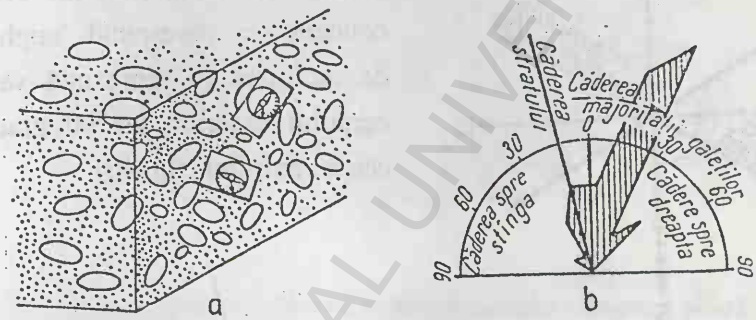


Fig. 39. Variația unghiurilor vizibile de înclinare a galeților: a, peretele vertical al aflorimentului de conglomerate; b, reprezentarea rezultatelor obținute (după Ruhin, 1966)

Modul de lucru. Se alege un plan al aflorimentului perpendicular pe planul de stratificație. Pentru fiecare galet se vor măsura: lungimea (*L*), grosimea (*g*) şi înclinarea (*I*) în grade şi sensul înclinării. Se utilizează aceeaşi fişă de teren ca şi la orientarea pietrişurilor, însă cu următorul cap de tabel:

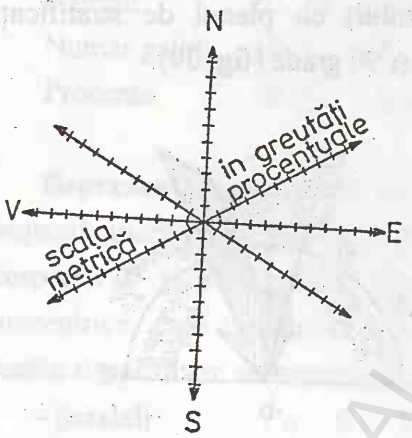
Nr. crt.	Lungimea (cm/mm)	Grosimea (cm/mm)	*L*/*g* (cm/mm)	Inclinarea (/ \ )	Sensul înclinării (NV, SE, NE, S...)

Se calculează raportul dintre numărul galeților înclinați spre dreapta sau spre stânga și numărul total al galeților obținându-se *indicele de unilateralitate U.*

De exemplu: dreapta 35 stânga 65 de galeți.

$$U = \frac{35}{35+65} = 0{,}35$$

Prelucrarea datelor și reprezenarea grafică a datelor orientării și înclinării galeților se efectuează cu ajutorul diagramelor polară și roză.



Razele de diagrama polară corespund azimutelor, iar cercurile concentrice corespund unghiurilor de înclinare (0 reprezintă valoarea cercului exterior, iar 90 grade, pe cea a centrului (fig. 40).

Fig. 40. Schema-cadru a diagramei centrale

Pentru construirea diagramelor roză (fig. 41, 42) măsurătorile realizate în teren se grupează după valoarea azimutului în grupe de 5, 10 sau 15 grade. Se numără câte măsurători corespund fiecărei grupe. Diagramele se construiesc după azimutul mediu al fiecărei grupe și după numărul de măsurători cuprinse în azimut.

Interpretarea rezultatelor

Analiza orientării predominante și înclinării galeților indică direcția de deplasare a materialului și dă unele indicații asupra agentului care le-a deplasat (fig. 43). Privită în plan, dispunerea galeților față de agent poate fi:

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

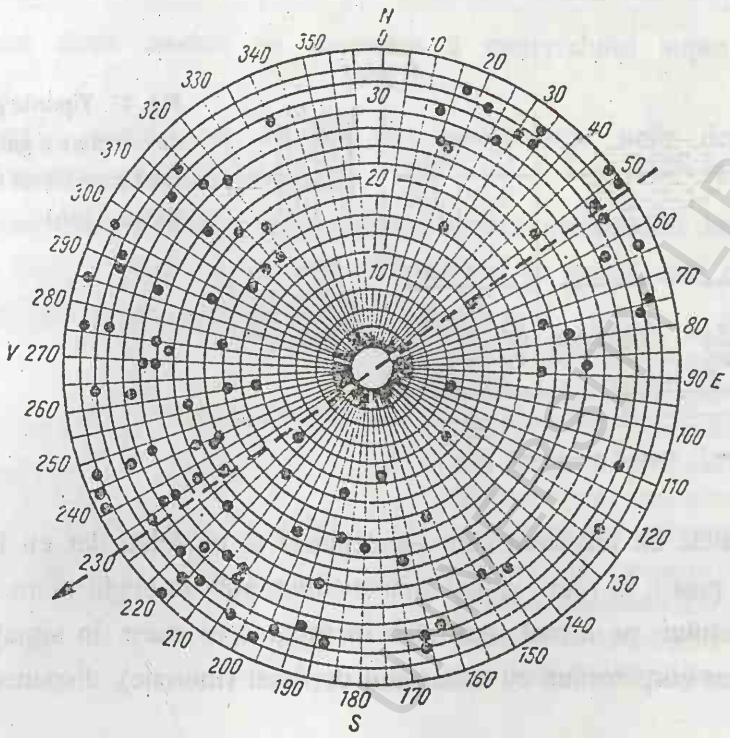


Fig. 41. Diagrama căderii stratificației oblice a depozitelor - diagramă polară. Direcția mișcării mediului de sedimentare este de la nord-est spre sud-vest (după Ruhin, 1966)

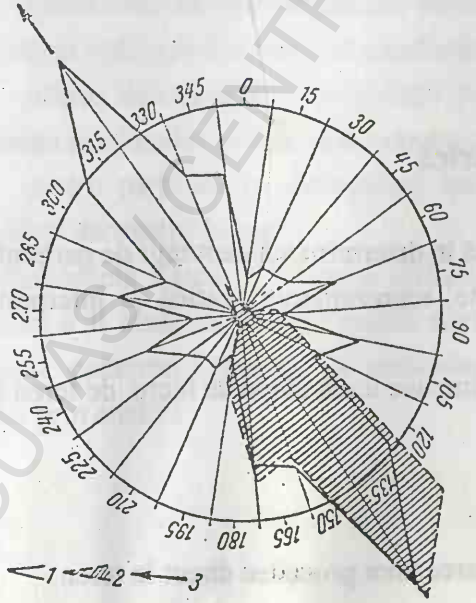


Fig. 42. Diagrama orientării axelor lungi și înclinării galeților. 1: orientarea axelor lungi ale galeților; 2: direcția căderii galeților; 3: direcția de curgere a torentului (după Ruhin, 1966)

BCU IASI CENTRAL LIBRARY

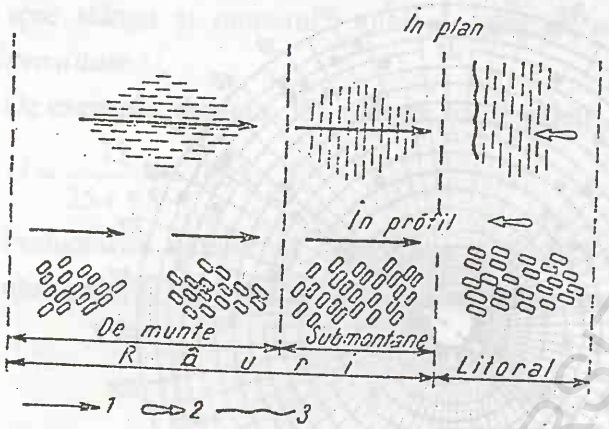


Fig. 43. Tipurile principale de orientare a galeților în râuri și pe litoral (după Ruhin, 1966)

• paralelă cu mișcarea care i-a deplasat și modelat, dar cu înclinări diferite în profil; în râuri, galeții sunt înclinați sub un unghi mare, în sens opus curentului; pe litoral, sunt slab înclinați spre mare; în situații când agentul face corp comun cu materialul deplasat (morene), dispunerea este paralelă.

• perpendiculară pe deplasarea agentului, când galeții nu fac corp comun cu agentul, de exemplu materialele deplasate de vânt și depunerile apelor curgătoare.

5.2. Analiza granulometrică

Analiza granulometrică constă în determinarea cantității de particule de diferite dimensiuni din sedimente, reprezentarea grafică și interpretarea genetică a rezultatelor.

Procesul complex de analiză impune două etape de lucru: de teren și de laborator.

Etapa de teren

• Prelevarea probelor și utilizarea unor procedee direct în teren;

BCUAS / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Există două moduri de colectare a materialului supus analizei, respectiv:

- probe medii, care rezultă din amestecarea unor depozite cu caracteristici granulometrice diferite;

- probe punctuale, care reprezintă extragerea materialului dintr-un strat omogen într-un areal reprezentativ. Acest tip de probă este obligatoriu pentru analiza granulomerică (fig. 44).

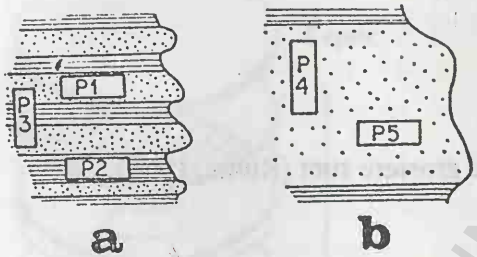


Fig. 44. Modul de colectare a probelor pentru analiza granulometrică. a: în depozite alternante se probează fiecare strat în parte (P_1 şi P_2) (nu se colectează probe care să includă materiale din mai multe strate P_3); b: în depozite masive probarea se face paralel cu stratificaţia (P_5), un perpendicular sau oblic faţă de stratificaţie (P_4) (după Jipa, 1987)

Procedeele de lucru în teren sau în laborator se aleg în funcţie de dimensiunea granulelor:

- pentru dimensiunile granulelor peste 20mm se fac măsurători directe cu ajutorul riglei gradate (analiza morfometrică a galeţilor);

- pentru dimensiunile particulelor cuprinse între 20mm şi 0,05mm, separarea fracţiunilor se face prin cernere cu ajutorul sitelor;

- pentru particule cu dimensiuni mai mici de 0,05mm se utilizează procedeul decantării în apă.

Procedeele fizice şi chimice utilizate pentru pregătirea probelor ce urmează a fi analizate granulometric sunt variate. Ele trebuie adecvate la situaţiile concrete, respectiv la particularităţile materialului şi la scopul propus prin analiză.

BCU IAŞI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Scara granulometrică

Dimensiunea fracțiunilor sedimentare variază de la un micron la peste un metru. Scările granulometrice au fost elaborate pentru utilizarea unei terminologii unitare. Ele au diviziuni mari pentru fracțiunile grosiere şi dimensiuni mici pentru particule fine. În literatura geologică se folosesc mai multe categorii de intervale granulometrice proprii fiecărei fracțiuni granulometrice. În granulometrie se folosesc termenii petrografici ai rocilor mobile şi echivalentul acestora:

pietriş	rudit	psefit
nisip	arenit	psamit
silt	silt	aleurit
argilă	lutit	pelit

În studiile geografice, fracțiunile grosiere sunt (Ruhin, 1966):

pietriş	2 - 10mm
galeți	10mm - 20cm
bolovani	20cm - 1m
blocuri	peste 1m

Scările granulometrice cu subdiviziuni în scară logaritmică prezintă dificultăți în construirea şi interpretarea graficelor. De aceea, Krumbein (1936, citat de Jipa, 1987) a elaborat o scară granulometrică în unități *phi*. Simbolul phi reprezintă logaritmul negativ în bază 2 al diametrului în milimetri al unei particule.

Deci $phi\ (\Phi) = -\log_2 (mm)$

Corespondența dintre scara Wentworth şi scara phi este următoarea:

Wentworth (mm)	..16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,062	....
Krumbein (phi)	...-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4.....	

Dimensiunea 1 mm corespunde valorii zero de pe scara *phi*.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5.2.1. Analiza granulometrică a nisipurilor prin cernere

a) *Date tehnice*

Aparatura necesară analizei prin sitare: sitele (fig. 45) şi mijloacele de agitare a sitelor (vibratoare).

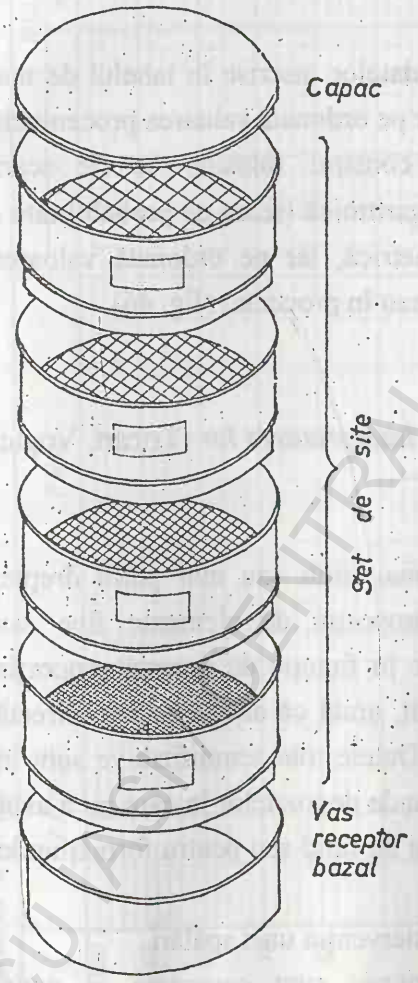


Fig. 45. Set de site din fire metalice pentru analiza granulometrică

Setul de site are dimensiuni ce se succed conform unei anumite scări granulometrice. Sitele sunt aşezate de la cele cu ochiuri mari (care reţin materialul grosier) spre cele cu aperturi din ce în ce mai mici (care reţin materialul din ce în ce mai fin).

În general se utilizează un număr mic de site (5 până la 10 site). Analizele de detaliu necesită un număr mai mare de site (15 - 20 de site). Dimensiunea ochiurilor de la site: 20; 16; 12,5; 10; 8; 6,3; 5; 4; 3,1; 2; 1,6 ...

Timpul de sitare - 10 ...15 minute (sunt şi autori care susţin un timp între 50 şi 109 minute).

Etape de lucru

- uscarea probei în etuve;
- cântărirea probei (100 g);
- cernerea prin sitare;
- cântărirea fracţiunilor de pe fiecare sită şi înscrierea în tabel

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Nr. crt	Diametrul grăunţelor d (mm)	Cantitatea rămasă pe sită		% din cantitatea totală având diametrul mai mic ca d
		g	%	

- verificarea greutăţii totale (se însumează valorile de pe fiecare sită);
- calcularea fiecărei fracţiuni în procente (folosindu-se regula de trei simplă);

b) ***Reprezentarea grafică***

- Histograma se întocmeşte pe baza datelor înscrise în tabelul de mai sus; pe abscisă se trec clasele de valori, iar pe ordonată valoarea procentuală
- Curba granulometrică se poate construi folosindu-se fie scara aritmetică, fie cea logaritmică sau semilogaritmică (scara de probabilitate ε %). Pe abscisă se trece scara granulometrică, iar pe ordonată valoarea rezultată prin cântărire (în valori absolute sau în procente) (fig. 46).
- Alte tipuri de grafice.

c) ***Tipuri de curbe granulometrice şi interpretarea lor*** (Tricart, Voght, 1967)

Curbele logaritmice (fig. 47 - a)

Se prezintă sub forma unor curbe mai mult sau mai puţin drepte. Prezintă mici neregularităţi. Arată o proporţie de elemente fine sau neglijabile. Dreapta variază în mare parte în funcţie de această proporţie fină. O asemenea curbă, pentru un depozit, arată că acesta este în directă funcţie de logaritmul dimensiunilor sale. Datele mai semnificative sunt în proporţie de finețe. Tipul de curbă corespunde depozitelor în care nu a avut loc selecţia. Se recunoaşte pentru morenele de fund sau pentru formaţiunile de solifluxiune.

Un deficit în dimensiuni mici indică intervenţia unei spălări.

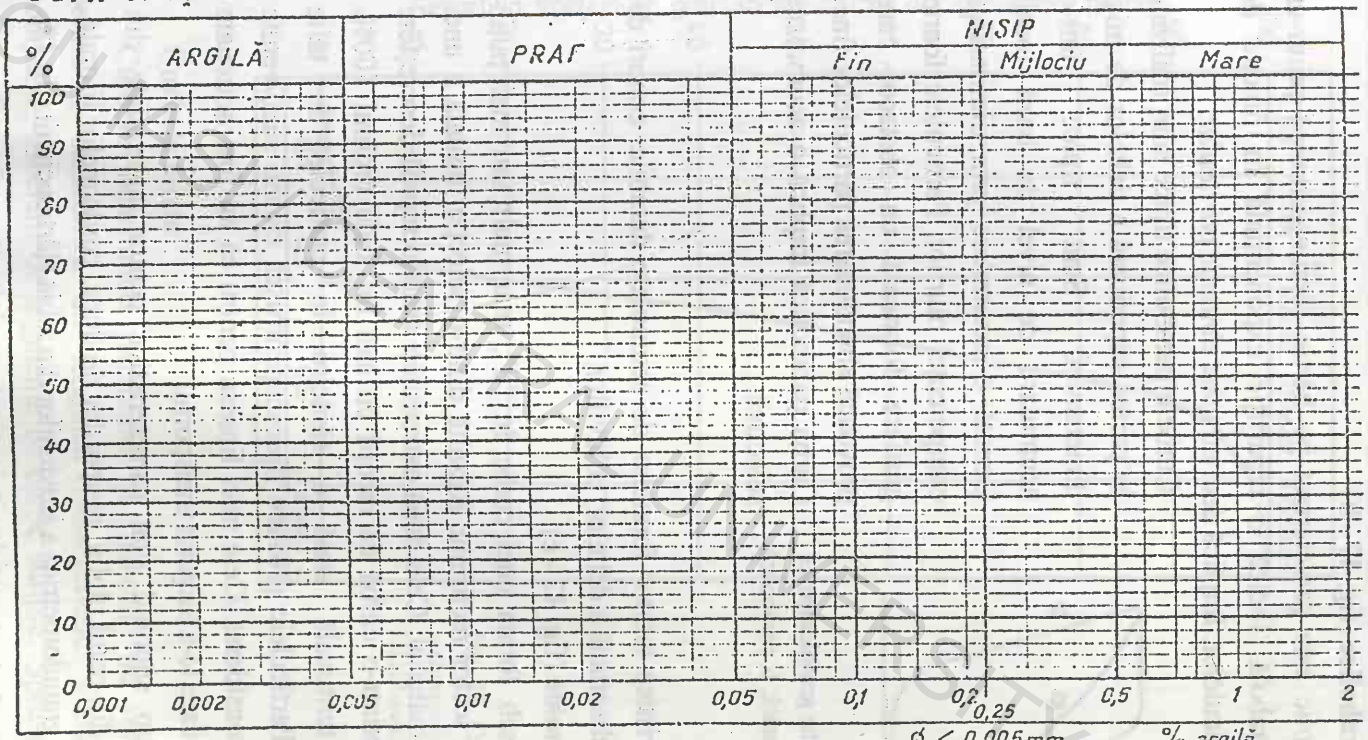
Formaţiunile curbelor de tip logaritmic sunt compacte şi puţin permeabile.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Proba nr.....

Adîncimea.....m

COMPOZIȚIA GRANULOMETRICĂ



Modul de lucru.....

Operator.....

Data .....

$\phi < 0{,}005$ mm.....% argilă

$0{,}005 < \phi < 0{,}05$ mm.....% praf

$0{,}05 < \phi < 0{,}25$ mm.....% nisip fin

$0{,}25 < \phi < 0{,}50$ mm.....% nisip mijlociu

$0{,}50 < \phi < 2{,}00$ mm.....% nisip mare

$2{,}00 < \phi < 20{,}00$ mm.....% pietriș

$\phi > 20{,}00$ mm.....% bolovăniș

Fig. 46. Formular tip pentru întocmirea curbelor granulometrice

Curbele parabolice (fig. 47 - b)

Tipul parabolic este caracterizat pe hârtie semilogaritmică printr-un fragment de parabolă. Indică o repartiție exponențială în funcție de dimensiunea particulelor. Implică deci un *efect dinamic particular*.

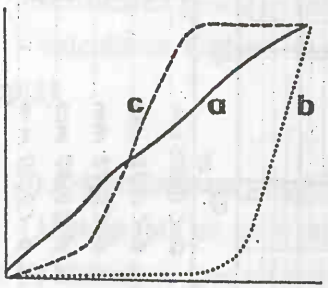


Fig. 47. Tipuri de curbe granulometrice cumulative: a, logaritmică; b, parabolică; c, sigmoidă

Curbele parabolice tipice sunt realizate în partea superioară a deltelor de mici dimensiuni. Sunt tipice într-o acumulare de nivel de bază local. Denotă o acumulare prin diminuarea competenței râurilor. Particulele foarte grosiere formează un obstacol care provoacă abandonarea particulelor fine. Curba parabolică implică o acumulare selectivă.

Sunt caracteristice tuturor formelor de acumulare durabile: conuri de dejecție, partea subaeriană a deltelor, coluviilor.

Curbele sigmoide (fig. 47 - c)

Se prezintă sub forma unei curbe în "S", mai mult sau mai puțin asimetrică, cu un sector rectiliniu. Rezultă dintr-o selecție limitată a unei singure tranşe de material. Cele două extremități arată o rapidă descreştere care se traduce printr-o curbă de racord cu axa lui x de ordinul 100%. Această curbă terminală arată o sărăcire în particule de talie corespunzătoare. Particulele grosiere lipsesc pentru că ele nu sunt venite până în punctul considerat. Cele mici lipsesc pentru că au fost antrenate datorită dinamicii care le-a asigurat transportul.

Curbele de tip sigmoid sunt caracteristice pentru materialele din bancurile aluviale din patul râului, nisipurilor de dune, cordoanelor litorale. De exemplu, curba granulometrică a aluviunilor din albia Hârtibaciului (fig.48)

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

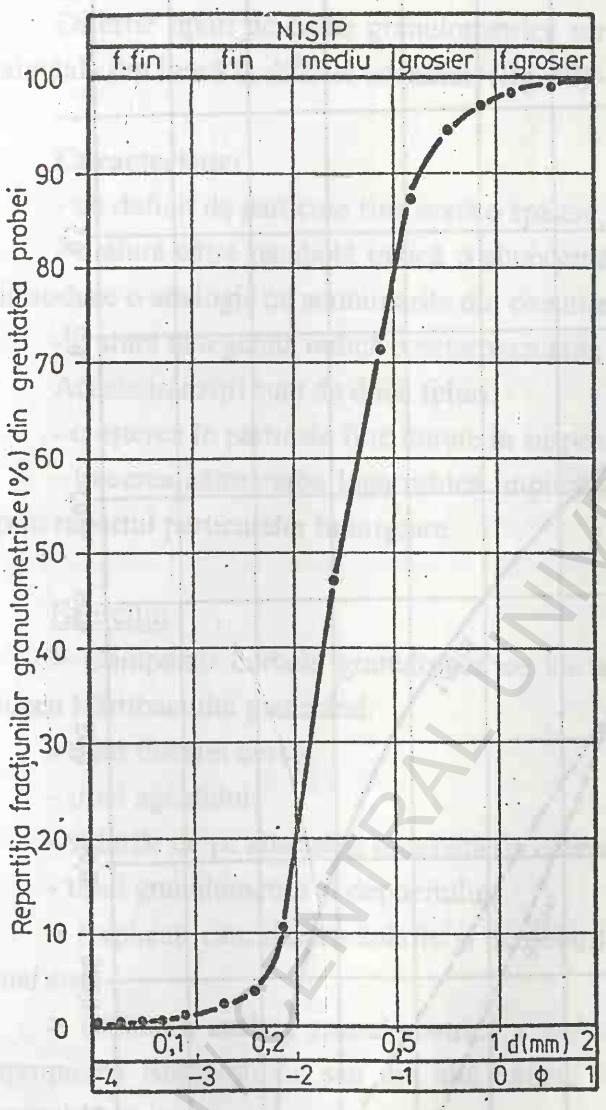


Fig. 48. Curba granulometrică a aluviunilor din albia Hârtibaciului (cursul inferior)

Curbele mixte

Curbele logaritmice, parabolice şi sigmoide nu sunt folosite decât pentru a caracteriza un fenomen monogenetic. Există multe curbe complexe, asociații de segmente de curbe simple. Spre exemplu, curbele intermediare între tipul logaritmic şi tipul sigmoid denotă un deficit de elemente fine, rezultat deci printr-o uşoară spălare.

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

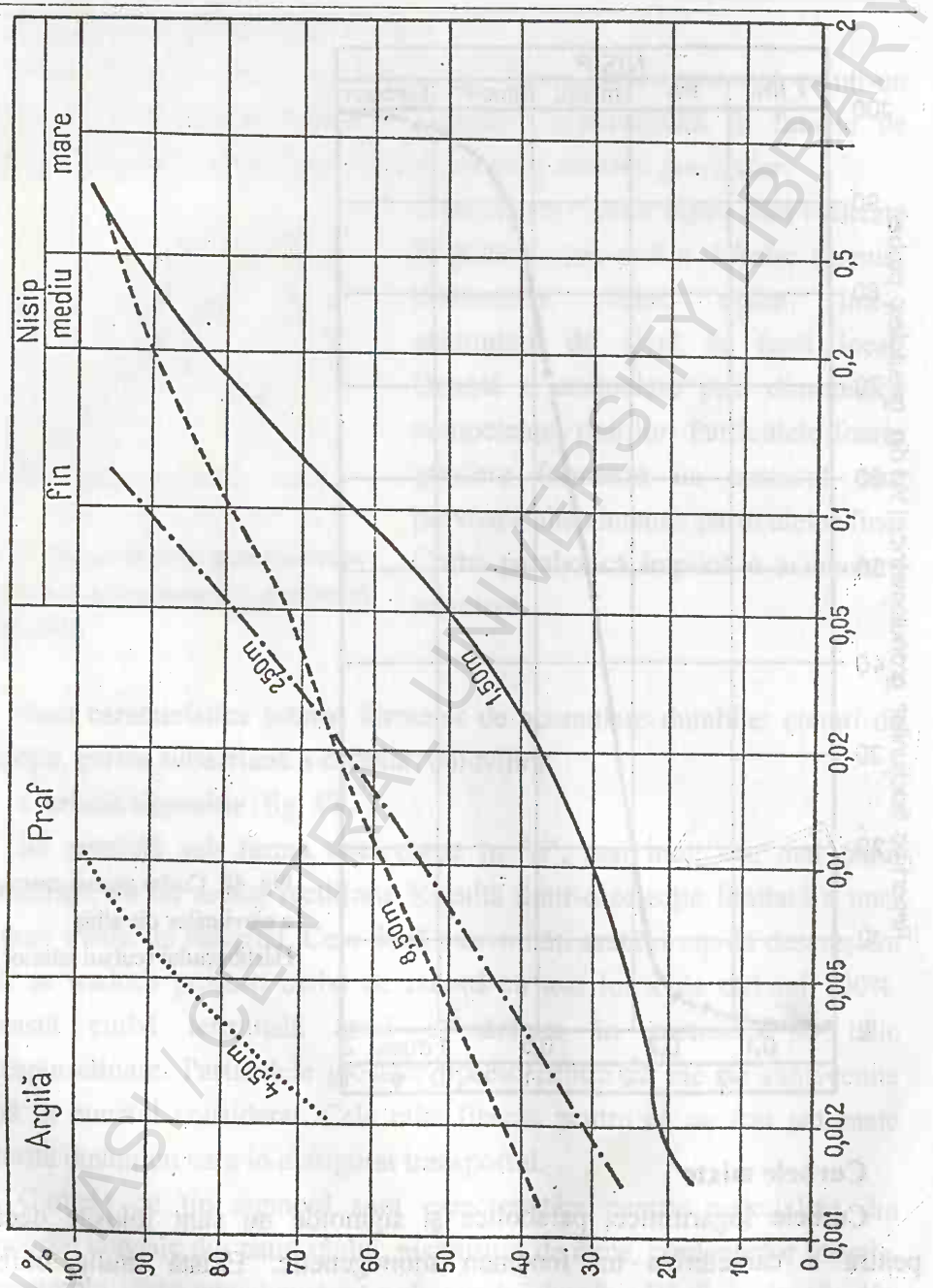


Fig. 49. Curbe granulometrice ale depozitelor din lunca Hârtibaciului (la Alțina), la diferite adâncimi

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Diferite tipuri de curbe granulometrice sunt construite pentru depozite aluviale din luncă la diferite adâncimi (fig. 49) - lunca Hârtibaciului.

Caracteristici

- un deficit de particule fine arată o spălare;
- o alură către parabolă indică o abundență de materiale grosiere, care introduce o analogie cu acumulările din conurile de dejecție;
- o alură neregulată indică o heterogenitate;

Aceste tranziții sunt de două feluri:

- creşterea în particule fine intrate în suspensie;
- trecerea către curba logaritmică implică ape care se individualizează prin raportul particulelor în mişcare.

Exercițiu

> Comparați curbele granulometrice ale aluviunilor din albia şi din lunca Hârtibaciului precizând:

- tipul fiecărei curbe;
- tipul agentului;
- valorile de pe abscisă şi ordonată (în câteva puncte alese pe curbe);
- tipul granulometric al depozitului;

> Explicați cauzal asemănările şi deosebirile rezultate din analizele de mai sus.

> Efectuați analiza granulometrică a nisipului din albia unui râu din apropierea Bucureştiului sau din altă unitate de relief şi întocmiți curba granulometrică.

> Comparați rezultatele cu cele ale aluviunilor din albia Hârtibaciului.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5.2.2. Analiza morfometrică a pietrişurilor (uzura pietrişurilor)

Calitatea (tipul) agentului, particularităţile cantitative (intensitatea, durata acţiunii, distanţa parcursă, ritmicitatea acţiunii agentului), particularităţile mediului morfogenetic (rocă, climă vegetaţie etc.) determină o anumită modificare a morfometriei fiecărui granoclast. Această modificare se regăseşte în parametrii dimensionali ai galeţilor (fig. 50):

- diametrul mare, axa mare (a) sau lungimea (L);
- diametrul intermediar, axa mică (b) sau lăţimea (l);
- diametrul scurt (c) sau grosimea (g);
- raza cea mai mică (r), măsurată în acelaşi plan cu L şi l, respectiv în lungul circumferinţei mari a galetului;
- distanţa cea mai mare (AC), măsurată de la intersecţia celor două axe L şi l până la extremitatea galetului.

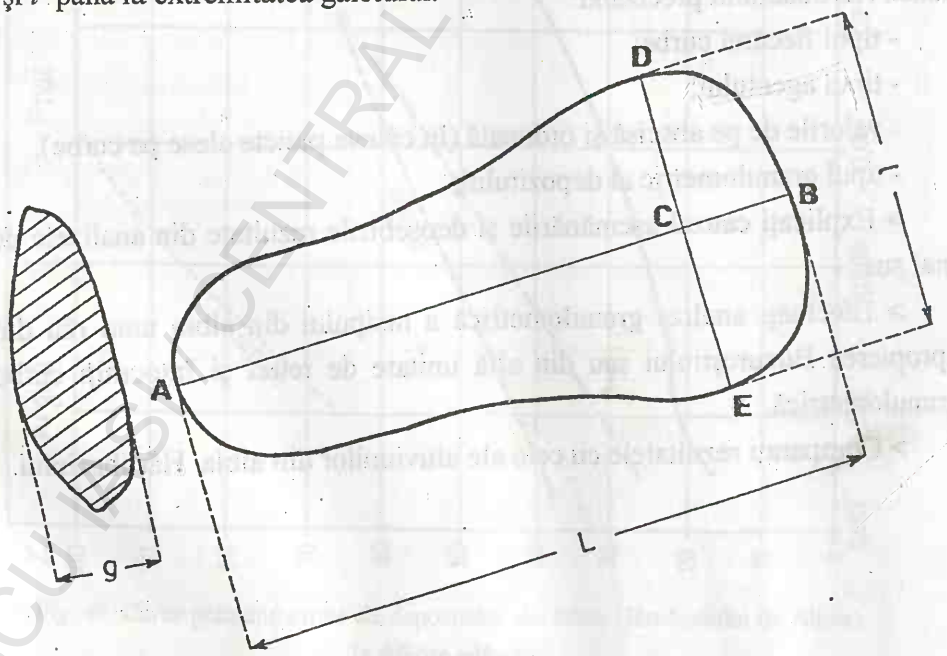


Fig. 50. Parametrii dimensionali ai unui galet

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

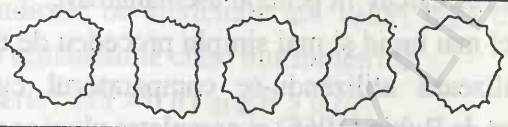
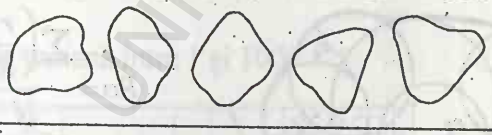
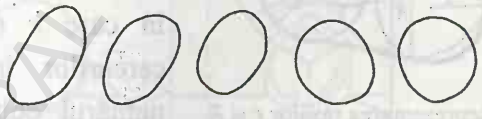
Categorii morfometrice	Angulozitatea $A\phi$	Indicele de rotunjime Ro (Goguel, Kuenen)	Aspectul granulelor în secțiune transversală → Sensul creșterii sfericității (Sf)
Angular	3,00-2,00	0,125-0,250	
Subangular	1,90-1,60	0,268-0,330	
Subrotunjit	1,50-1,10	0,353-0,466	
Rotunjit	1,00-0,60	0,500-0,660	
Foarte rotunjit	0,50-0,00	0,707-1,000	

Fig. 51. Comparator vizual pentru aprecierea claselor de angularitate, a angulozității și a indicelui de rotunjire

În funcție de extinderea celor trei parametri principali *L, l, g*, dezvoltați pe cele trei axe de coordonate *x, y z*, particulele pot fi încadrate în următoarele categorii morfografice:

- aciculară - cu extindere în lungime;
- prismatică, columnară - cu dezvoltare în două direcții;
- izometrică sau sferică - cu dezvoltare în cele trei direcții.

Indici morfometrici folosiți frecvent în analizele de dinamică a reliefului:

- indicele de rotunjire

- indicele de rulare sau de sfericitate
- indicele de aplatisare
- indicele de asimetrie

Ei sunt întâlniți în literatura de specialitate şi cu denumiri sinonime cu formule de calcul în general asemănătoare.

Cel mai rapid şi mai simplu procedeu de determinare a formei galeților se realizează utilizându-se comparatorul cu cinci categorii de rulare, elaborat de Ruhin (1966) şi completat ulterior de alți specialişti (fig. 51).

Indicele de rotunjire *Ro*

Gradul de rotunjire a granulelor este determinat de numărul colțurilor şi de sfericitate. Indicele de rotunjire exprimă deci numărul colțurilor şi muchiilor unui galet, precum şi raportul dintre diferitele suprafețe (concave, convexe, plane), circumscrise particulei. Se determină cu ajutorul formulei:

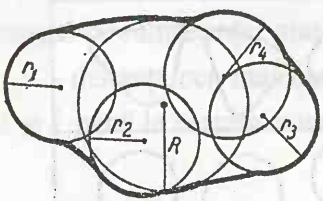


Fig. 52. Reprezentarea razelor *r* şi *R* înscrise în circumferința planului

$$Ro = \frac{\sum\left(\frac{r}{R}\right)}{N} \quad \text{(Wendell)}$$

în care *r* sunt razele de curbură ale cercurilor înscrise în colțuri, *N* este numărul colțurilor şi *R* raza celui mai mare cerc care poate fi înscris (fig. 52).

$$Ro = \frac{r}{R} \text{ (Wentworth)}$$

în care *r* sunt razele de curbură ale cercurilor înscrise în colțuri şi $R = \frac{a+b}{4}$

Indicele de rulare I_r sau **indicele de sfericitate** *S*

Acest indice arată relația dintre cele două diametre, în tendința de a deveni egale, situație în care granula se apropie de o sferă. Se determină cu ajutorul relațiilor:

BCU "I. C. BRĂTIANU" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$s = \sqrt[3]{\frac{a \cdot b \cdot c}{a^2}} \quad \text{sau} \quad s = \frac{d_i}{D_c}$$

în care d_i este diametrul mare al granulei iar D_c este diametrul celui mai mic cerc inscriptibil în granulă. Indicele de sfericitate are valori între 0 şi 1. Diagrama Zingg (fig. 53) arată următoarele clase morfometrice:

- clasa izometrică (tipul sferic): b/a > 0,67 şi c/b > 0,67;
- clasa prismatică (tipul cilindric): b/a < 0,67 şi c/b > 0,67;
- clasa planară (tipul lamelar): b/a < 0,67 şi c/b < 0,67;
- clasa planară (tipul discoidal): b/a > 0,67 şi c/b < 0,67.

Indicele de rulare se calculează cu formula dată de Cailleux:

$$I_r = \frac{2r}{L} \cdot 1000 = \frac{2000 \cdot r}{L}$$

Valoarea indicelui de rulare variază între 1 şi 1000.

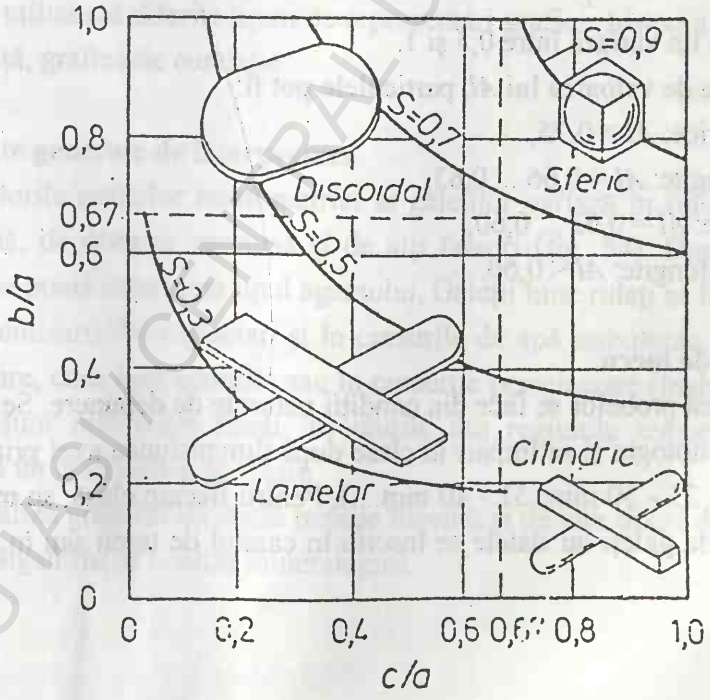


Fig. 53. Categorii morfometrice ale galeţilor (după Zingg, 1935)

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Indicele de aplatizare I_{ap}

Prin acest indice se precizează măsura în care o particulă se dezvoltă preferențial pe două direcții.

Se determină prin relația dată de Cailleux:

$$I_{ap} = \frac{L + l}{2g}$$

Indicele de asimetrie I_{as}

Indicele de asimetrie arată relația dintre AC şi L

$$I_{as} = \frac{AC}{L}$$

Alungirea, deci dezvoltarea particulei unidimensională este dată de relația:

$$Al = \frac{b}{a} \text{ sau } Al = \frac{l}{L}$$

Valoarea lui variază între 0,5 şi 1.

În funcție de valoarea lui Al, particulele pot fi:

- izometrice: $Al > 0,75$;
- subalungite: $Al = 0,66 \ldots 0,63$;
- alungite: $Al = 0,63 \ldots 0,60$;
- foarte alungite: $Al < 0,60$.

Metoda de lucru

Recoltarea probelor se face din condiții naturale de depunere. Se separă galeții după litologie şi se împart în clase după dimensiunea axei principale (10 - 20 mm; 21 - 30 mm; 31 - 40 mm....). Pentru fiecare clasă, se măsoară cel puțin 50 de galeți iar datele se înscriu în caietul de teren sau în fişe de măsurători.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fişă de măsurători a galeţilor şi indicii de uzură

Localizarea (poziţia) locului de recoltare .....

Proba nr. ..... Data .....

Tipul genetic de depozit (dacă este posibil) .....

Litologia .....

Clasa .....

Nr crt	Parametrii galetului					Indici calculaţi			Indici ordonaţi		
	L	t	g	Ac	r	I_r	I_{ap}	I_{as}	I_r	I_{ap}	I_{as}
1	45	37	6	30	2	88	6,8	0,6	88	1,2	0,5

După datele din tabel, se calculează parametrii statistici: mediana, modulul, media.

Reprezentarea grafică

Se utilizează diferite tipuri de reprezentări grafice: histograme, curbe de frecvenţă, grafice de corelaţie.

Date generale de interpretare

Valorile indicilor morfometrici ai galeţilor variază în funcţie de rocă, de climă, de distanţa parcursă şi de alţi factori (fig. 54). După gradul de uzură, se poate determina tipul agentului. Galeţii bine rulaţi se întâlnesc mai ales la emisarii fluvioglaciari şi în cursurile de apă turbulente. În cursurile temporare, cum sunt uedurile sau în cursurile periglaciare (îngheţate iarna), galeţii sunt mai puţin rulaţi. În râurile din regiunile temperate, galeţii prezintă un grad mediu de rulare.

Analiza gradului de uzură trebuie însoţită şi de alte tipuri de analize, în mod obligatoriu de analiza mineralogică.

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

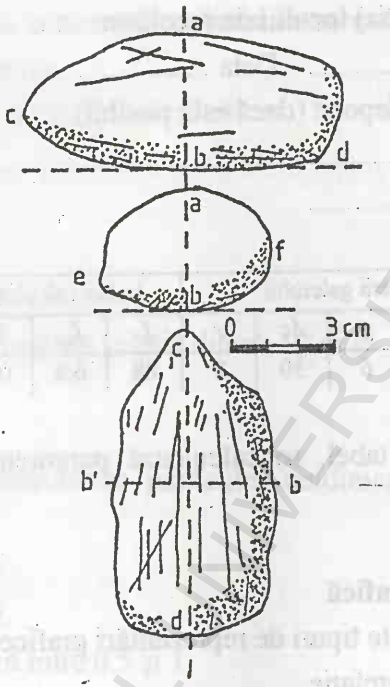


Fig. 54. Forma tipică a unui till de fund

Exerciţii

1. Măsuraţi parametrii a 10 galeţi din laborator.

- calculaţi indicii de uzură
- reprezentaţi grafic prin diferite tipuri
- explicaţi care este agentul principal care le-a modelat

2. Din deschideri şi din albia unui râu (eventual din cele mai apropiate depozite de localitatea dvs.) prelevaţi cel puţin 50 de galeţi şi calculaţi-le indicii de uzură. Explicaţi genetic aceşti indici.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

6. ANALIZA MORFOMETRICĂ A BAZINELOR HIDROGRAFICE

6.1. Ordinul segmentelor de râu în sistem Horton-Strahler

În sistemul de clasificare Horton-Strahler talvegul elementar, care nu primeşte nici un afluent, este de ordinul 1.

Joncțiunea sau confluența este punctul unde se întâlnesc două sau mai multe albii.

Un segment constituie porțiunea din albie dintre două confluențe.

Se deosebesc: - *segmente exterioare*, până la prima joncțiune pe talveg, care sunt de ordinul 1;

- *segmente interioare*, al căror ordin de mărime diferă în funcție de calitatea segmentelor ce confluează.

În sistemul de clasificare Horton-Strahler, cursul sau segmentul de râu de ordinul 2 este format din joncțiunea a cel puțin două segmente exterioare, segmente de ordinul 1.

Un segment de ordinul 3 apare prin unirea a două segmente de ordinul 2.

Fiecare segment poate joncționa cu segmente de ordin inferior fără să-şi schimbe ordinul de mărime.

Saltul calitativ se produce atunci când se unesc două segmente de acelaşi ordin.

6.2. Modele morfometrice

Modelul morfometric al drenajului

Pentru acest model sunt necesare:

- numărul segmentelor de râu;
- suma lungimilor segmentelor de râu;
- media lungimii segmentelor de râu.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1. Numărul segmentelor de râu

Etape de lucru:

- precizarea ordinului segmentelor de râu (x): N_1, N_2, N_3;
- numărarea segmentelor din fiecare ordin;
- stabilirea ordinii segmentelor de râu pe bazine.

Legea Numărul de segmente de râu de ordine succesiv crescândă tinde să formeze o progresie geometrică descrescătoare în care primul termen (N_1) este numărul de segmente de primul ordin (tabelul 12). Rația este raportul de confluență (R_C).

$$R_C = \frac{N_x}{N_{x+1}}$$

Se poate determina şi un raport de confluență pentru fiecare pereche de segmente:

$$R_{C_1} = \frac{N_1}{N_2};\ R_{C_2} = \frac{N_2}{N_3}$$

În acest caz $R_C = \frac{R_{C_1} + R_{C_2} + ... + R_{C_n}}{n}$ sau $R_C = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_{C_i}}{n}$

Raporturile parțiale de confluență (R_{C_1}, ... R_{C_n}) permit comparații ale confluențelor din diferite bazine hidrografice şi în diferite sectoare ale bazinelor (superior, mediu, inferior).

Datele se reprezintă grafic în coordonate semilogaritmice.

Numărul total de segmente de râu:

$N = N_1 + N_2 + N_3 + ... + N_S$

Cunoscând suprafața bazinului se poate determina frecvența segmentelor de râu sau frecvența talvegurilor elementare ş.a. (vezi tabelul 20).

2. Suma lungimilor segmentelor de râu

Etape de lucru

- măsurarea lungimii pentru fiecare ordin;

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- suma lungimilor pentru fiecare ordin.

Legea Suma lungimilor segmentelor de râu de ordine succesiv crescânde tind să formeze o progresie geometrică descrescătoare în care primul termen este dat de suma lungimii segmentelor de primul ordin (L_1) (tabelul 12). Rația (R_L) este dată de raportul lungimilor însumate.

$$R_L = \frac{L_x}{L_{x+1}}$$

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI GEOGRAFIE

3. Lungimile medii

Etape de lucru

- calcularea mediei lungimii fiecărui segment de râu pentru fiecare ordin în parte prin raportarea lungimii totale la numărul segmentelor de râu:

$$l_1 = \frac{\sum L_1}{N_1};\ l_2 = \frac{\sum L_2}{N_2}$$

Legea Lungimea medie a segmentelor de râu de ordin succesiv crescând tinde să formeze o progresie geometrică crescătoare, în care primul termen este dat de lungimea medie a cursurilor de primul ordin (l_1) (tabelul 12). Rația (r_l) este dată de raportul lungimilor medii succesive sau de raportul rației șirurilor segmentelor de râu și lungimilor medii:

$$r_l = \frac{R_C}{R_L}$$

Reprezentarea grafică În coordonate semilogaritmice pe axa *x* se trec ordinele de mărime, ca variabile independente. Pe axa *y* se trec variabilele dependente: numărul segmentelor de râu (N), lungimea (L), lungimea medie a segmentelor de râu (l). Dreapta care definește fiecare parametru în parte se va trasa astfel încât să fie definită de cât mai multe puncte (valori). Valorile care se abat de la dreaptă se explică în funcție de condițiile morfogenetice ale reliefului și de stadiul de evoluție al acestuia (fig. 55B). Pe grafic se reprezintă valorile măsurate.

BCU IAȘI CENTRUL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 12. Datele pentru modelul drenajului - bazinul Calvei

Parametrul	Măsurat (m) Calculat (c)	Ordinul					Raţia	Total bazin
		1	2	3	4	5		
Nr. segmente de râu (N)	m	474	108	25	4	1	$R_c = 4,32$	ΣN 612
	c	466	108	25	5,78	1,34		
Lungimea L (km)	m	246	90	54	14	25	$R_L = 1,66$	ΣL 429
	c	149	90	54	32,50	19,6		
Lungimea medie l (km)	m	0,52	0,83	2,02	3,5	25	$R_l = 2,43$	0,70
	c	0,34	0,83	2,02	4,91	12		

Modelul morfometric al suprafeţelor

Întocmirea acestui model se face pe baza următoarelor date:

- numărul segmentelor de râu de diferite ordine de mărime sau al bazinelor de diferite ordine;
- suprafeţele însumate;
- suprafeţele medii.

*1. **Numărul segmentelor de râu*** este determinat pentru modelul morfometric al drenajului.

În eventualitatea în care se începe cu modelul suprafeţelor în analiza geomorfometrică a bazinelor, atunci se stabileşte mai întâi ordinul de mărime al segmentelor de râu, se grupează valorile pe ordine de mărime ($N_1, N_2, ...N_n$) şi se determină raportul de confluenţă sau de bifurcaţie (vezi *Numărul segmentelor de râu*).

Ordinul bazinelor este dat de ordinul ultimului segment de râu de la partea cea mai coborâtă a bazinului (de la vărsare), pe cursul principal (fig. 55A).

BCU MIHAI EMINESCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

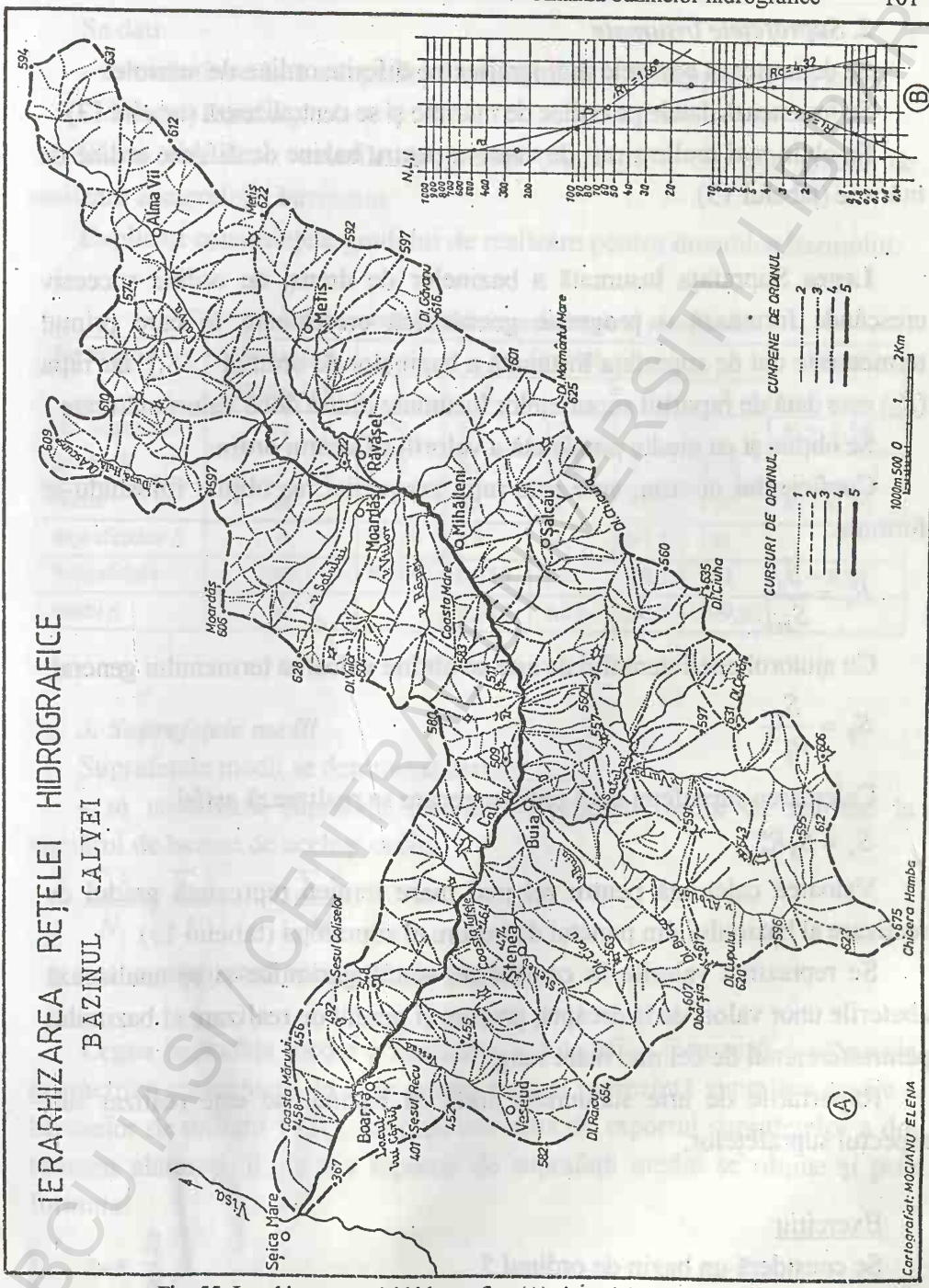


Fig. 55. Ierarhizarea rețelei hidrografice (A) și modelul drenajului (B)

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. Suprafețele însumate

Se delimitează bazinele hidrografice pe diferite ordine de mărime.

Se însumează datele pe ordine de mărime şi se centralizează (tabelul 13).

Se obțin mai multe şiruri de numere pentru bazine de diferite ordine de mărime (tabelul 13).

Legea Suprafața însumată a bazinelor de drenaj de ordine succesiv crescânde formează o progresie geometrică crescătoare în care primul termen este dat de suprafața însumată a bazinelor de ordinul 1 (S_1), iar rația (R_S) este dată de raportul suprafețelor însumate dintre două valori alăturate.

Se obține şi ca medie ponderată a valorilor fiecărui ordin.

Coeficientul de arie, care este rația progresiei, se obține folosindu-se formula:

$$R_S = \frac{\overline{S}_x}{\overline{S}_{x+1}}$$

Cu ajutorul coeficientului de arie se obține valoarea termenului general:

$$S_S = \frac{S_1}{R_S^{s-1}}$$

Calcularea suprafeței unui ordin oarecare se realizează astfel:

$$S_x = S_S R_S^{s-x}$$

Valoarea calculată pentru cel mai mare termen reprezintă gradul de realizare al bazinului din punctul de vedere al suprafeței (tabelul 13).

Se reprezintă valorile în coordonate semilogaritmice şi se analizează abaterile unor valori de la dreaptă, precum şi gradul de realizare al bazinului pentru termenul de cel mai mare rang.

Raporturile de arie subunitare arată că bazinul nu este realizat sub aspectul suprafețelor.

Exercițiu

Se consideră un bazin de ordinul 5.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Se dau:

- valoarea însumată a suprafeței bazinelor $S_3 = 12$ kmp şi $S_4 = 3$ kmp.
- valoarea raţiei $R_S = 4$.

Să se calculeze: valorile progresiei (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5); gradul de realizare a suprafeței bazinului.

Explicați consecințele gradului de realizare pentru dinamica bazinului.

Tabel 13. Datele pentru modelul morfometric al suprafețelor

Parametrul	Măsurat (m) Calculat (c)	Ordinul					Raţia
		1	2	3	4	5	
Nr. segmente de râu N	m	274	63	12	3	1	$R_c = 4,58$
	c	288	63	13,8	3	0,65	-
Suma suprafețelor S	m		45	62	91,5	114	$R_S = 0,70$
	c	31,5	45	64,3	91,8	131	
Suprafețele medii s	m	0,109	0,714	5,2	30,3	114	$R_s = 6,54$
	c		0,714	4,67	30,5	199,8	

3. Suprafețele medii

Suprafețele medii se determină astfel:

- se raportează suprafața însumată a fiecărui ordin de mărime la numărul de bazine de acelaşi ordin:

$$\frac{\sum S_1}{N_1}; \frac{\sum S_2}{N_2}; \ldots \frac{\sum S_x}{N_x}$$

- se centralizează rezultatele în tabele.

Legea Suprafața medie a bazinelor hidrografice formează o progresie geometrică crescătoare, în care primul termen reprezintă suprafața medie a bazinelor de ordinul 1 (S_1), iar raţia este dată de raportul suprafețelor a doi termeni alăturați. Raţia sau raportul de suprafață medie se obține şi prin formula:

$$r_S = \frac{R_C}{R_S}$$

BOLYAI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

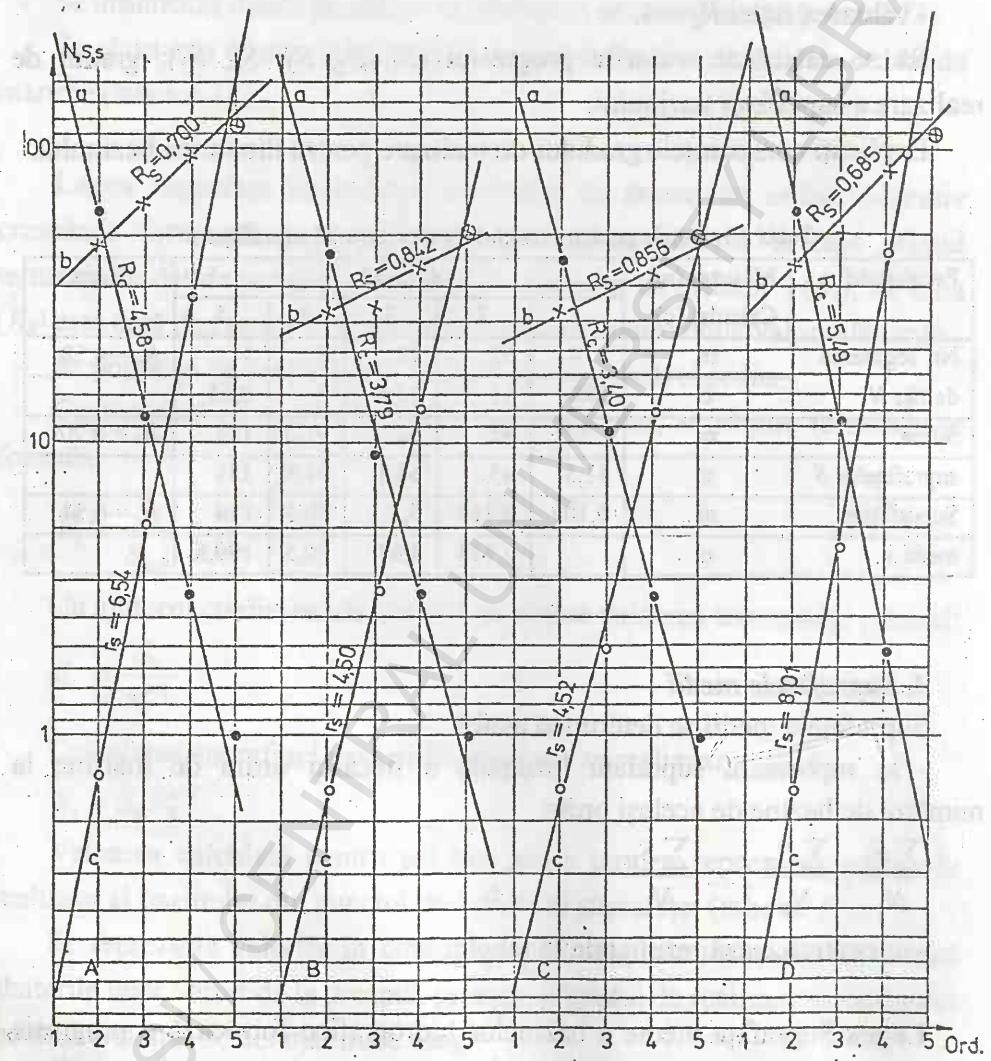


Fig. 56. Modelul morfometric al suprafețelor pentru bazinele: A. Zăvoi; B. Hârța; C. Zlagna; D. Albac. a, numărul bazinelor hidrografice; b, suma suprafețelor; c, suprafețele medii

BCU IAȘI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Valori mari ale raportului de suprafață medie indică, de asemenea, nerealizarea bazinului, situație redată și de analiza grafică a modelului. Astfel, intersecția dreptei suprafețelor însumate cu cea a suprafețelor medii se face într-un punct a cărei abscisă arată cât sunt de realizate bazinele sub aspectul suprafețelor (pentru ordinul de mărime pe care îl au) (fig. 56).

Modelul morfometric al perimetrelor

Întocmirea acestui model se realizează pe baza următoarelor date:

- numărul segmentelor de râu de diferite ordine de mărime (sau al bazinelor de diferite ordine de mărime);
- suma perimetrelor;
- perimetrele medii.

1. Numărul segmentelor de râu sau al bazinelor de diferite ordine de mărime este determinat pentru modelul drenajului. În situația în care pornim în analiza geomorfometrică cu modelul perimetrelor este necesar să se determine numărul segmentelor de râu de diferite ordine de mărime, considerându-se talvegurile elementare de ordinul 1, iar din unirea acestora, un segment de ordinul 2 ș.a.m.d.

Perimetrul bazinului va avea ordinul pe care îl are segmentul de cel mai mare rang din cadrul bazinului, al segmentului situat la altitudinea cea mai coborâtă din bazin.

2. Perimetrele însumate

- se măsoară direct pe harta topografică cumpăna de ape pentru fiecare bazin în parte;
- se centralizează datele însumate pe ordine de mărime (tabelul 14);
- se obțin mai multe șiruri pentru bazine de diferite ordine de mărime.

Legea Suma perimetrelor bazinelor de diferite ordine de mărime succesiv crescânde formează o progresie geometrică descrescătoare, care

BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

are ca prim termen suma perimetrelor bazinelor de ordinul 1 (P_1), iar raţia R_P este raportul sumelor perimetrelor a doi termeni alăturaţi:

$$R_p = \frac{\overline{P}_{x-1}}{\overline{P}_x}$$

Reprezentarea grafică a acestor şiruri în coordonate semilogaritmice pune în evidenţă aceeaşi lege, iar abaterea punctelor de la dreaptă trebuie explicată cauzal (fig. 57).

3. Perimetrele medii se determină astfel:

- se raportează perimetrele însumate la numărul perimetrelor luate în calcul:

$$p_1 = \frac{\sum P_1}{N_1};\ p_2 = \frac{\sum P_2}{N_2};\ \ldots\ p_x = \frac{\sum P_x}{N_x}$$

De exemplu:

P_1 = 50 km + 30 km + 20 km + 40 km = 140 km. Numărul perimetrelor de ordinul 1 este 4.

p_1 140:4 = 35 km.

P_2 = 30 km + 70 km = 100 km. Numărul perimetrelor de ordinul 2 este 2.

p_2 100:2 = 50 km.

P_3 = 80 km. Numărul perimetrelor de ordinul 3 este 1.

p_3 80:1 = 80 km.

(Ce ordin de mărime are bazinul?)

se formează şirul de valori: 35, 50, 80.

Legea Valorile perimetrului mediu al bazinelor de ordine succesiv crescânde formează o progresie geometrică crescătoare, care are ca prim termen perimetrul mediu al bazinelor de ordinul 1 (p_1) . Raţia progresiei este dată de raportul a doi termeni alăturaţi. Ea se poate calcula şi din relaţia:

$$r_p = \frac{R_C}{R_p}$$

BCU "I. C. Brătianu" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

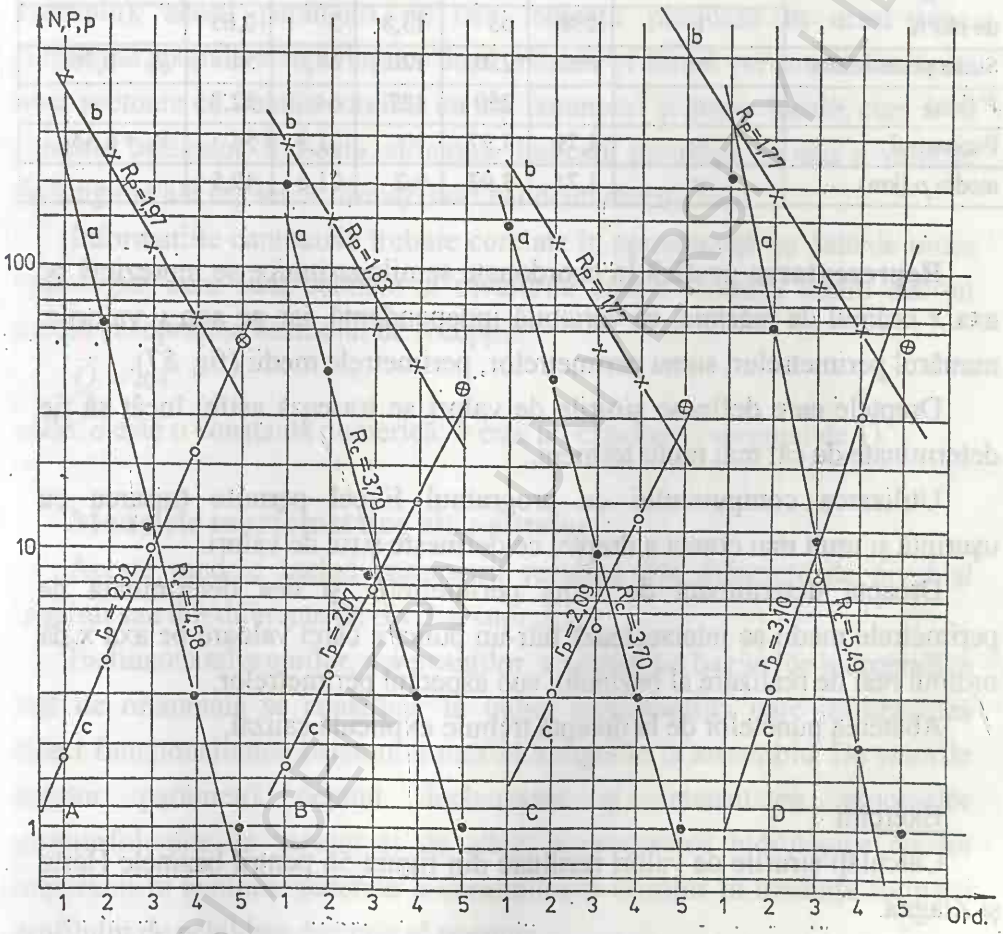


Fig. 57. Modelul morfometric al perimetrelor pentru bazinele: A. Zăvoi; B. Hârța; C. Zlagna; D. Albac. a, numărul bazinelor hidrografice; b, suma perimetrelor; c, perimetrele medii

BCU IAȘI CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

Tabel 14. Datele pentru modelul morfometric al perimetrelor

Parametrul	Măsurat (m) Calculat (c)	Ordinul					Rația
		1	2	3	4	5	
Nr. segmente de râu N	m	274	63	12	3	1	$R_c = 4,58$
	c	288	63	13,8	3	0,65	
Suma perimetrelor P (km)	m	492	250	120	64	54	$R_P = 0,70$
	c		250	127	64	32,7	
Perimetrul mediu p (km)	m	1,79	3,97	10	21,3	54	$R_p = 6,54$
	c	1,71	3,97	9,2	21,3	49,5	

Reprezentarea grafică În coordonate semilogaritmice se reprezintă pe axa x ordinul de mărime, ca variabilă independentă, iar pe axa y valorile: numărul perimetrelor, suma perimetrelor, perimetrele medii (fig. 57).

Dreptele care definesc şirurile de valori se trasează astfel încât să fie determinate de cât mai mulţi termeni.

Utilizarea computerului cu programul Excel permite trasarea cu uşurinţă şi mult mai corect a dreptei ce defineşte şirul de valori.

Dreapta determinată de suma perimetrelor şi cea determinată de perimetrele medii se intersectează într-un punct a cărei valoare pe axa x dă ordinul real de realizare al bazinului sub aspectul perimetrelor.

Abaterea punctelor de la dreaptă trebuie explicată cauzal.

Exerciţii

Calculaţi şirurile de valori rezultate din figura 56 pentru bazinele Hârţa şi Zlagna.

Calculaţi şirurile de valori rezultate din figura 57 pentru bazinul Albac.

Relaţii între suprafeţe şi perimetre

Între suprafeţe şi perimetrele care le delimitează există legături directe de proporţionalitate.

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Analiza cu atenție a acestor parametri, în mod special a modelelor morfometrice permite precizarea unor aspecte de natură genetică, cum ar fi evoluția în suprafață a bazinelor. Eventualele captări trebuie verificate pe teren. Când lipsesc unele dovezi geomorfologice (pietrișurile fluviatile, de exemplu), aceşti parametri ne dau indicații prețioase în acest sens. Repartiția spațială a suprafețelor după mărime şi formă permite delimitarea unor sectoare ce trebuie corelate cu alți parametri şi cauze locale, cum ar fi simetria bazinelor, litologia, structura. Indicații prețioase ne dau şi valorile de lungime ale rețelei de drenaj (vezi Modelul drenajului).

Informațiile cantitative trebuie corelate în permanență cu date de ordin hidrologic, cum sunt debitele şi nivelurile apelor. Relația dintre debitul mediu şi suprafața bazinului de recepție:

$$\overline{Q} = aA^b$$

unde: a este o constantă numerică; b este un exponent (apropiat de 1).

Modelele morfometrice ale pantelor

Aceste modele includ parametrii rezultați din diferențe de nivel şi lungimi sau din diferențe de nivel şi suprafețe.

Înclinarea talvegurilor, a versanților, a suprafeței bazinelor hidrografice față de orizontală se constituie în indici morfometrici care influențează direct funcționalitatea sistemului morfohidrografic în ansamblu. De valorile acestor parametri depind declanşarea şi intensitatea proceselor geomorfologice de versant şi de albie, a proceselor hidrologice cu rol important în evoluția generală a versanților şi râurilor în tendința formării profilului de echilibru dinamic al acestora.

Panta influențează schimbul de masă şi de energie dintre bazin şi mediul înconjurător, ştiindu-se că unitatea reală în cadrul căreia se desfăşoară acest transfer este suprafața bazinului hidrografic.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI GEOLOGIE-GEOGRAFIE
BCU ASTI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

1. Panta medie a suprafeței bazinului

Acest parametru este deosebit de important pentru asigurarea scurgerii pe versanți și în albii, a stabilirii unor relații în evoluția generală a reliefului pe bazin.

Metoda de lucru

- extragerea de pe harta topografică a curbelor de nivel principale;
- determinarea (stabilirea) ordinului de mărime al bazinelor în sistem Horton-Strahler;
- măsurarea lungimii curbelor de nivel pe bazine hidrografice de diferite ordine de mărime;
- măsurarea suprafeței bazinelor (pe ordine de mărime).

Calcularea pantei se face după formula:

$$I_{b\,med} = \frac{\Delta H \sum L}{F}$$

unde: ΔH = echidistanța curbelor de nivel;

$\sum L$ = suma lungimii curbelor de nivel;

F = suprafața bazinului

Analiza valorilor pantei bazinelor hidrografice se face diferențiat, pe ordine de mărime, în funcție de caracteristicile geologice, tectonice, ale stadiului de evoluție a regiunii.

Se fac corelații între valorile pantei medii a bazinelor și frecvența inundațiilor, cu valorile medii și maxime ale debitelor etc. Se compară acest parametru cu densitatea drenajului, cu forma bazinului, cunoscându-se că scurgerea pe versanți și în albii depinde și de forma bazinului etc. La rândul ei, panta suprafeței bazinelor hidrografice exprimă evoluția geomorfologică a bazinului și depinde și de suprafața inițială de la care a început adâncirea rețelei hidrografice. De exemplu, valori reduse ale pantelor bazinale pot indica roci omogene friabile, dar și un stadiu mai avansat de evoluție a reliefului.

BCU "CAROL I" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2. Modelul morfometric al pantei râurilor

Panta râului colector este rezultatul proceselor care au loc în bazinul hidrografic al cărui colector principal este râul de cel mai mare ordin (după ordinul segmentului de la vărsare). De aceea se calculează, pentru interesul

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

• Lungimea medie a râurilor se determină prin măsurarea pe hartă a lungimii fiecărui râu (pe ordin de mărime).

Se face suma aflându-se $\overline{L}$.

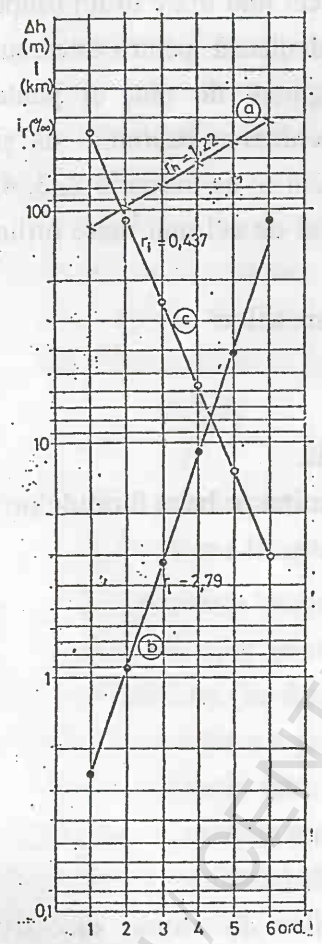


Fig. 58. Modelul morfometric al pantei medii a râului.a, diferențele de nivel medii; b, lungimile medii ale râurilor; c, panta medie a râurilor

$$i_{2\,med} = \frac{\overline{L}_2}{N_2}$$

(Vezi *Modelul drenajului*)

• Panta medie a râurilor se determină apoi folosindu-se formula:

$$i_{2\,med} = \frac{\Delta h_2}{l_2} \cdot 1000$$

unde Δh_2 = diferența de nivel mediu

l = lungimea medie

Datele se centralizează şi se trec în tabelul sintetic (tabelul 15).

Legea Pantele medii ale cursurilor de ordine succesiv crescânde formează o progresie geometrică descrescătoare în care primul termen este dat de panta medie a cursurilor de primul ordin (i_1), iar rația R_i este dată de raportul acestor valori:

$$R_i = \frac{i_{r\,x}}{i_{r\,x+1}}$$ sau de formula

$$R_i = \frac{R_{II}}{r_1}$$

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Cu ajutorul raţiei se obţin valori calculate, care pot fi uşor diferite de cele rezultate din măsurători.

Raţia se poate calcula şi făcându-se media raţiilor obţinute din ordine succesive.

Tabel 15. Datele pentru modelul morfometric al pantelor medii

Parametrul	Măsurat (m) Calculat (c)	Ordinul					Raţia
		1	2	3	4	5	
Diferenţe medii de nivel ΔH (m)	m			126	159	189	$R_H = 1,22$
	c	84,6	103,3	126	153,7	187,5	
Lungimea medie a râului L (km)	m			3,15	9,05	24,5	$R_l = 2,79$
	c	0,405	1,13	3,15	8,79	24,5	
Panta medie a reţelei de râuri i_r (%)	m			40	17,6	7,71	$R_i = 0,437$
	c	209	91,15	40	17,5	7,64	

Reprezentarea grafică în coordonate semilogaritmice permite analiza abaterii valorilor de la dreaptă (fig. 58). Acestea se explică ţinându-se seama de condiţiile morfogenetice ale reliefului şi de stadiul său de evoluţie. Se fac corelări cu rupturile de pantă din profilul longitudinal al râului.

6.2. Corelaţia dintre suprafeţe şi perimetre

În bazinele hidrografice ierarhizate în sistem Horton-Strahler, există o corelaţie între valorile suprafeţelor şi cele ale perimetrelor.

În acest sens pentru a afla valoarea coeficientului de corelaţie (r), se consideră variabila independentă - suprafaţa bazinelor (x) iar variabila dependentă - perimetrul bazinelor (y). Având valorile calculate pentru bazine hidrografice de diferite ordine de mărime în sistem Horton-Strahler pentru modelele morfometrice ale suprafeţelor şi perimetrelor, se întocmesc tabele pentru corelaţia între suma suprafeţelor şi suma perimetrelor (tabelul 16) şi pentru corelaţia între suprafeţele medii şi perimetrele medii (tabelul 17).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 16. Corelația între suma suprafețelor și suma perimetrelor

Ordin	x (suprafețe)	y (perimetre)	$x \cdot y$	x^2	y^2
1	32	492	15744	1024	242064
2	45	250	11250	2025	62500
3	62	120	7440	3844	14400
4	92	64	5888	8464	4096
5	114	54	6156	12996	2916
Suma	345	980	46478	28353	325976

Tabel 17. Corelația între suprafețele medii și perimetrele medii

Ordin	x (suprafețe)	y (perimetre)	$x \cdot y$	x^2	y^2
1	0,11	1,79	0,1969	0,012	3,20
2	0,72	3,97	2,858	0,518	15,76
3	5,20	10,00	52	27,04	100
4	30,30	21,3	645,39	918,09	453,69
5	114	54	6156	12996	2916
Suma	150,33	91,06	6856,45	13941,66	3488,65

Aplicând formula coeficientului de corelație (vezi *Analiza statistică*) se obțin următoarele rezultate.

1. Corelația între suma suprafețelor și suma perimetrelor.

$$r = \frac{\frac{46478}{5} - \frac{345}{5} \cdot \frac{908}{5}}{\sqrt{\frac{28353}{3} - \left(\frac{345}{5}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{325976}{5} - \left(\frac{980}{5}\right)^2}} = -0,85$$

Valoarea coeficientului de corelație de -0,85 indică:

• corelație inversă prin faptul că valoarea este negativă, adică progresia pentru valorile lui x este crescătoare, având ca prim termen bazinele de ordinul 1, iar pentru valorile lui y progresia este descrescătoare, având ca prim termen tot bazinele de ordinul 1.

Deci suma suprafețelor bazinelor de ordinul 1 este mai mică decât suma suprafețelor de ordine superioare. Suma perimetrelor de ordinul 1 este mai mare decât suma perimetrelor bazinelor de ordine superioare.

• corelația este bună întrucât valoarea se apropie de -1, depășind cu mult valorile medii.

Reprezentarea grafică a valorilor corelate (fig. 59) ale sumei suprafețelor şi sumei perimetrelor dă o linie de regresie a cărei formă arată valoarea negativă a corelației (respectiv corelația inversă). Linia este definită de valorile ce reprezintă bazinele de ordinele 1, 2, 3, 4.

Legea Valorile corelate ale sumei suprafeței şi sumei perimetrelor bazinelor hidrografice ierarhizate în sistem Horton-Strahler indică o corelație inversă al cărei prim termen îl constituie valorile bazinelor de ordinul 1.

2. Corelația între suprafețele medii şi perimetrele medii

$$r = \frac{\frac{6856,45}{5} - \frac{150,33}{5} \cdot \frac{91,06}{5}}{\sqrt{\frac{13941,66}{5} - \frac{150,33^2}{25}} \cdot \sqrt{\frac{3488,65}{5} - \frac{91,06^2}{25}}} = 0,98$$

Valoarea coeficientului de corelație de 0,98 indică:

• corelație directă în sensul că valoarea este pozitivă, adică progresia pentru valorile lui x este crescătoare, având ca prim termen bazinele de ordinul 1, iar pentru valorile lui y progresia este tot crescătoare, având ca prim termen tot bazinele de ordinul 1.

Deci valoarea suprafețelor medii ale bazinelor de ordin 1 este mai mică decât valoarea suprafețelor bazinelor de ordine superioare.

Valoarea perimetrelor medii ale bazinelor de ordinul 1 este de asemenea mai mică decât valoarea perimetrelor medii ale bazinelor de ordine superioare.

• corelația este foarte bună, întrucât valoarea se apropie foarte mult de 1.

Reprezentarea grafică a valorilor corelate (fig. 60) ale suprafețelor medii şi perimetrelor medii dă o linie de regresie a cărei formă arată o valoare pozitivă a corelației - corelația directă.

Linia este definită de valorile ce reprezintă bazinele de toate ordinele.

Legea Valorile corelate ale suprafețelor medii şi perimetrelor medii a bazinelor hidrografice ierarhizate în sistem Horton-Strahler indică o corelație directă a cărei prim termen sunt valorile bazinelor de ordinul 1.

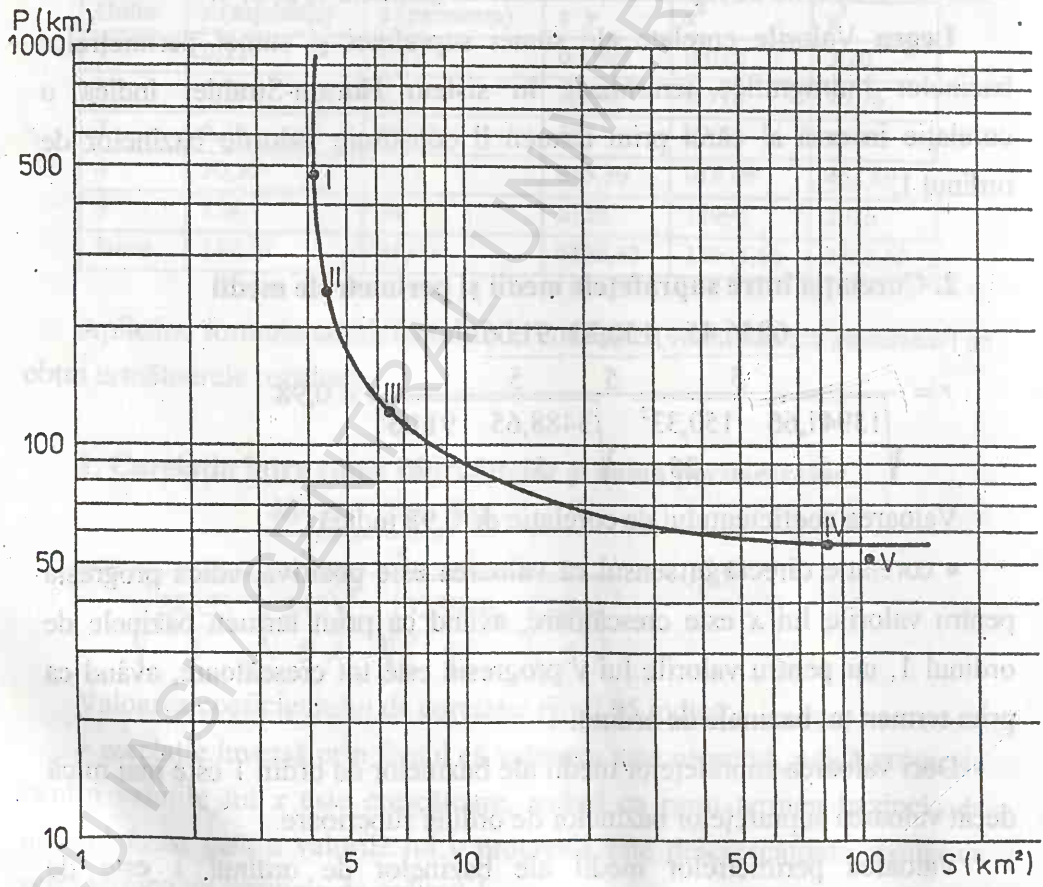


Fig. 59. Corelația între suprafețele însumate şi perimetrele însumate

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

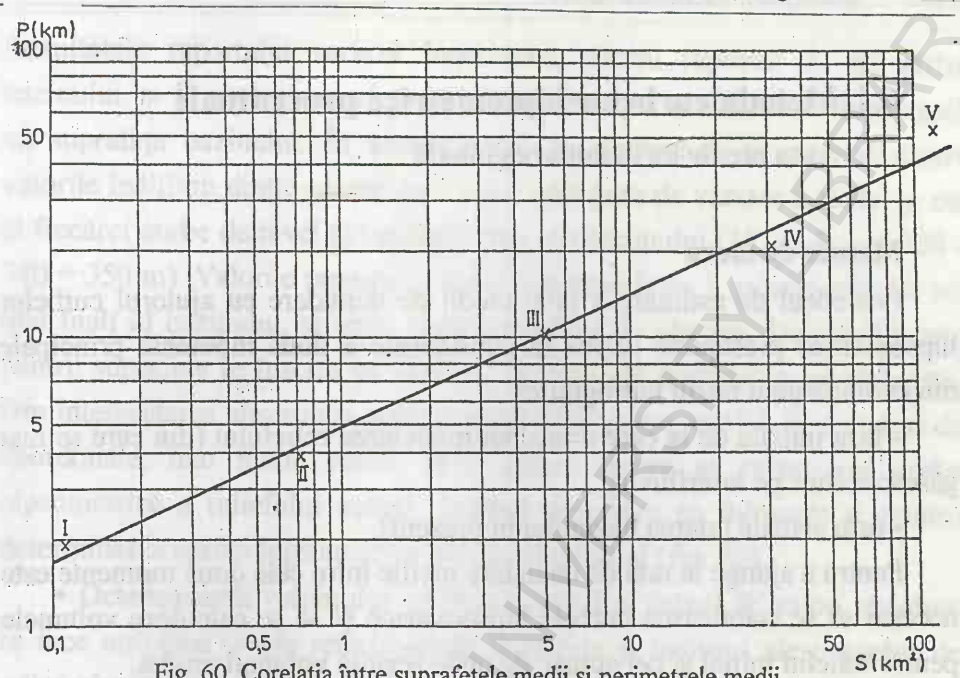


Fig. 60. Corelația între suprafețele medii și perimetrele medii

Interpretare

A fost luat ca exemplu un bazin hidrografic de ordinul 5 situat în întregime într-o unitate de podiș cu un substrat geologic relativ uniform, cu roci puțin rezistente la eroziune (nisipuri, argile, marne mio-pliocene din Podișul Hârtibaciului). Acest fapt se reflectă în corelația bună existentă între suprafețe și perimetre și redată atât valoric cât și grafic.

În bazine hidrografice cu caractere geologice și geomorfologice foarte variate pot apărea abateri de la legile prezentate mai sus redate în primul rând în valori mai mici ale coeficientului de corelație. Acest lucru se verifică și pe linia de regresie (deci în reprezentarea grafică) prin analiza punctelor care se abat de la dreaptă și care atrag atenția asupra bazinelor hidrografice de diferite ordine de mărime care nu se înscriu în lege.

Aceste bazine trebuie analizate separat atât din punct de vedere geologic, cât și din punctul de vedere al caracteristicilor generale ale mediului morfogenetic.

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

6.4. Metoda curbelor hipsometrice procentuale

rata medie de denudare globală

Metoda de lucru

Procedeul de estimare a ratei medii de denudare cu ajutorul curbelor hipsometrice presupune luarea în considerare a două momente principale din evoluția unui bazin hidrografic:

- faza inițială de la care a început modelarea reliefului (din care se mai găsesc resturi pe interfluvii);
- faza actuală (starea bazinului în prezent).

Pentru a ajunge la rata de denudare medie între cele două momente este necesar să se stabilească curbele hipsometrice şi să se calculeze volumele pentru relieful inițial şi cel actual, de unde rezultă volumul erodat.

Pentru stabilirea volumului reliefului actual se întocmeşte harta în curbe de nivel cu o echidistanță stabilită în funcție de scara hărții şi de relieful regiunii, folosindu-se hărțile topografice. Pentru bazinul Hârtibaciului, cu un relief de podiş deluros, s-a considerat echidistanța între curbe de 100 m la scara 1:100.000. În final s-a obținut harta în curbe de nivel a suprafeței actuale, pe care s-au înscris cât mai multe cote absolute pe interfluvii, pentru a putea reconstitui suprafața inițială. Prin interpolare s-au reconstituit şi curbele de nivel ale acestei suprafețe, de la care a început sculptarea bazinului, echidistanța dintre curbe fiind tot de 100 m la scara 1:100.000 (fig. 61).

Pentru construirea curbelor hipsometrice ale reliefului inițial şi ale celui actual, se planimetrează succesiv suprafața dintre două curbe de nivel, până la acoperirea întregului bazin (tabelul 18).

Transformarea acestor date în valori adimensionale se efectuează prin raportul dintre valorile suprafeței cumulate deasupra curbei de nivel (a), începând de la vârf spre gura de vărsare şi suprafața totală a bazinului (A).

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Rezultatele raportului variază între zero, pentru raportul de la vârful bazinului, şi 1, pentru suprafaţa existentă deasupra nivelului de bază egală cu suprafaţa bazinului. În acelaşi mod se efectuează şi raportul dintre valorile înălţimii dintre planul care trece prin gura de vărsare a râului şi cel al fiecărei curbe de nivel (h) şi înălţimea (H) bazinului (H_{max} - h_{min} = 730 - 380 = 350 m). Valorile raportului vor fi cuprinse între 1, pentru punctul cel mai înalt al bazinului, şi zero, pentru gura lui de vărsare. Datele obţinute pentru suprafeţe se înscriu pe abscisă, iar cele ale înălţimilor pe ordonată. Din intersectarea abscisei şi ordonatei fiecărei valori rezultă, în sistemul de coordonate, mai multe punct, prin unirea cărora se precizează curba hipsometrică a reliefului actual. Acelaşi procedeu se foloseşte şi pentru determinarea curbei hipsometrice a reliefului iniţial (fig. 62).

• Determinarea volumului reliefului iniţial şi actual în valori absolute se face utilizând datele referitoare la suprafeţe şi înălţimi ale treptelor de relief planimetrate. Pentru fiecare treaptă se află volumul, care rezultă din produsul suprafeţei cu echidistanţa (tabelul 19). Volumele parţiale cumulate de la vârf spre bază dau, în final, valoarea totală a volumului iniţial şi cea a volumului actual al reliefului. Prin diferenţa între aceste valori se obţine volumul erodat, care în cazul bazinului Hârtibaciu este de 63km^3.

• Cunoscând că suprafaţa iniţială a culmilor interfluviale principale se înscrie în suprafaţa de nivelare perfectată în romanian, considerând vârsta acestuia de 1,5 mil. ani, transformând volumul reliefului din km^3 în m^3 şi raportând la vârstă, obţinem:

$63000 \cdot 10^6 : 1{,}5 \cdot 10^6 = 42 \cdot 10^3$ m^3/an

42000 m^3/an : 31556926 secunde · 0,00133 m^3/s = 1,33 kg/s

BCU IAŞI - BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ

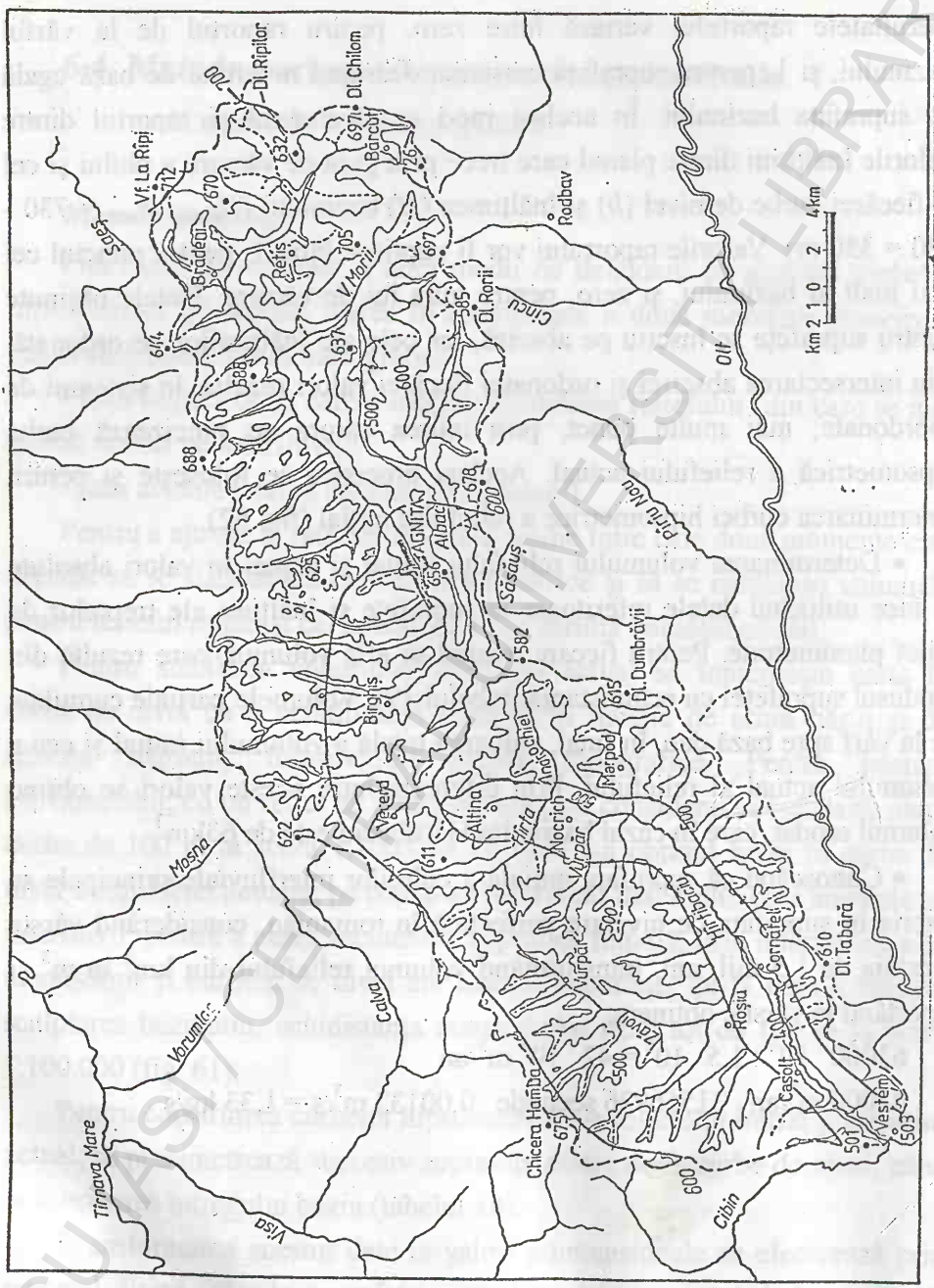


Fig. 61. Harta curbelor de nivel reconstituite pentru suprafața inițială de la care a început sculptarea bazinului hidrografic

BCU IAȘI / CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

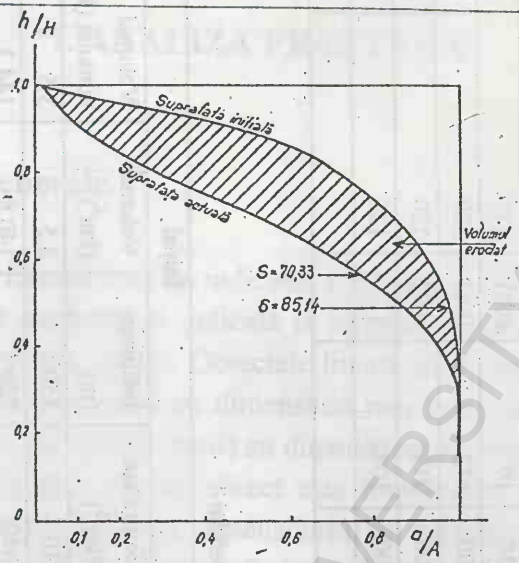


Fig. 62. Curbele hipsometrice procentuale ale bazinului Hârtibaciu

Interpretare

Comparând rezultatul obținut cu debitul mediu solid calculat pentru perioada 1956 - 1981 la stația Cornățel, care este de 1,226 kg/s, se constată că valorile sunt destul de apropiate, fapt care ne permite următoarele concluzii:

- pentru bazine hidrografice situate în roci omogene din punctul de vedere al rezistenței la eroziune, metoda curbelor hipsometrice se poate aplica în determinarea ratei medii globale de denudare a reliefului;

- cunoscând că Hârtibaciul a avut o evoluție oarecum izolată în Depresiunea Transilvaniei, datorită decapitării din regiunea de izvoare şi a defileelor de la Caşolț - Mohu (de la vărsarea Hârtibaciului) şi Turnu Roşu - Cozia, variațiile climatice au avut un rol important în modelarea reliefului. În intervalul analizat, acestea s-au manifestat alternativ, perioade de încălzire cu perioade de răcire, rezultanta acestora, însă, dând o medie asemănătoare cu cea de astăzi;

- integrala suprafeței actuale de 70% presupune un relief încă tânăr, în care procesele de modelare cu ritmuri şi intensități variate sunt în plină desfăşurare.

BCU "LUCIAN BLAGA" UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 18. Datele pentru determinarea curbei hipsometrice (procentuale)

Actual					Inițial				
Altitudine (m)	Suprafețe cumulate (*a*) (km^2)	*a/A*	Înălțimea cumulată dintre curbele de nivel (*h*) (m)	*h/H*	Altitudine (m)	Suprafețe cumulate (*a*) (km^2)	*a/A*	Înălțimea cumulată dintre curbele de nivel (*h*) (m)	*h/H*
700-730	2	0,02	350	1,0	700-730	10	0,01	350	1
600-700	93	0,089	320	0,91	600-700	452	0,43	320	0,91
500-600	680	0,65	220	0,63	500-600	949	0,92	220	0,62
400-500	1032	0,99	120	0,34	380-500	1042	1	120	0,34
380-400	1042	1,00	20	0,06					

A = suprafața totală a bazinului; H = înălțimea bazinului (H_{max} - H_{min})

Tabel 19. Volumul reliefului

Actual					Inițial			
Altitudine (m)	Suprafața (km^2)	Înălțimea (m)	Volumul (km^3)	Volumul cumulat (km^3)	Suprafața (km^2)	Înălțimea (m)	Volumul (km^3)	Volumul cumulat (km^3)
700	2	350	0,7	0,7	10	350	3,5	3,5
600-700	91	320	29,12	29,82	442	320	140,8	144,3
500-600	587	220	129,14	159,96	497	220	108,9	253,2
400-500	352	120	42,24	201,2	93	120	11,16	264,36
380-400	10	20	0,200	201,4				

Volumul erodat = volumul inițial - volumul actual = 264,36 - 201,4 = 62,96 ≈ 63km^3

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

7. ANALIZA FRACTALĂ

7.1. Date generale

Dimensiunea fractală este un indicator simplu al complexității formelor terestre. Ea a fost explicată şi aplicată la formele terestre de Mandelbrot (1967, citat de Turcotte, 1992). Obiectele liniare au o dimensiune fractală mai mare ca 1; fractalii plani au dimensiuni mai mari ca 2 (de exemplu, relieful); volumele fractale (ca norii) au dimensiune fractală mai mare decât 3. Dimensiunea fractală a unui obiect este întotdeauna mai mare decât dimensiunea sa topologică sau dimensiunea sa euclidiană. În geometria euclidiană, punctul are dimensiune 0, linia: 1, pătratul: 2 şi cubul: 3. O formă cu o dimensiune fractală mare va fi mai complexă decât alta cu o dimensiune fractală mică.

O dimensiune fractală puțin sub 2, pentru forme liniare, arată o complexitate mare. O valoare puțin peste 1 a dimensiunii fractale arată o mare regularitate.

Dimensiunea fractală a bazinului Amazon, de exemplu, este de 1,85, iar cea a Nilului de 1,4. Rezultă că bazinul Amazonului are o complexitate mai mare decât bazinul Nilului, situație ce se confirmă şi din analiza hărților topografice.

Dimensiunea fractală pentru țărmuri este în medie de 1,2, dar poate atinge şi 1,4. Alte dimensiuni fractale (Burrough, 1991, citat de A. Dauphine, 1995): râuri 1,02 - 1,52; precipitații anuale 1,13 - 1,36; peisaje 1,10 - 1,70.

7.2. Calcularea dimensiunii fractale

În ştiințele Pământului, geometria fractală a fost mai puțin aplicată decât în procesele fundamentale din fizică şi chimie. Dintre problemele

BCU IASI / CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

majore ale geometriei fractale menționăm elaborarea unei definiții unice și complete și stabilirea unor metode de estimare care să nu dea valori diferite ale dimensiunii fractale, pentru fractali naturali. În prezent, în funcție de metoda utlizată dimensiunea fractală are valori diferite.

Cele mai multe definiții arată că setul fractal trebuie să aibă o dimensiune Hausdorff mai mare decât dimensiunea sa topologică (Mandelbrot, 1975 citat de Roach, Fowler, 1993).

Pentru înțelegerea de către nematematicieni a dimensiunii fractale, se folosește conceptul de "dimensiune de similaritate a obiectelor fractale" (Dauphine, 1995). Dar nu toate obiectele autosimilare sunt fractali. O linie dreaptă este autosimilară, dar nu este fractală, pentru că dimensiunea Hausdorff și dimensiunea topologică sunt egale cu 1. *Curba lui Koch* redă conceptul de autosimilaritate (Koch, 1904, citat de Roach, Fowler, 1993). Porțiunile mai mici ale curbei corespund, prin mărime, segmentelor mai mari (fig. 63 a, b). Astfel, dimensiunea de similaritate a unui obiect fractal este dată de formula:

$$D = \frac{\ln N}{\ln\left(\frac{1}{r}\right)}.$$

Pentru modelul Koch $N = 4$ iar $1/r = 3$. Deci $D = \frac{\ln 4}{\ln 3} = 1{,}26$

Dimensiunea de similaritate 1,26 este mai mult decât o linie și mai puțin decât o suprafață (Dauphine, 1995).

Pentru o înțelegere mai bună a fractalilor, Turcotte definește setul fractal ca:

$$N_n = \frac{C}{r_n^D} \text{ unde}$$

N_n = numărul de fragmente, obiecte, cu dimensiuni liniare r_n

C = constanta de proporționalitate

D = dimensiunea fractală

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

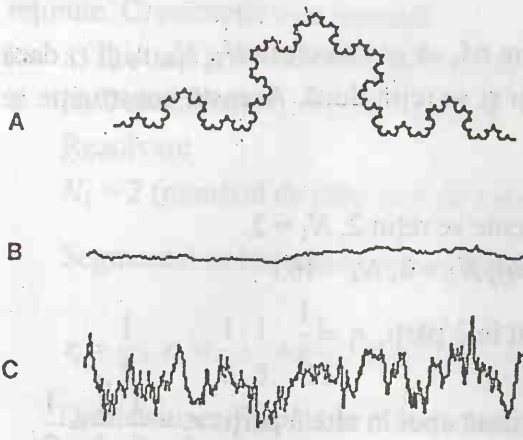
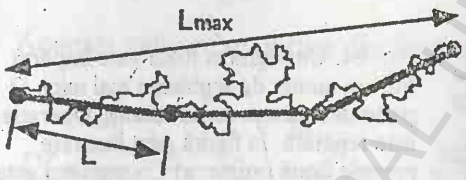


Fig. 63. a) Curbe fractale auto-similare statistic şi dimensiunile lor fractale. A - curba von Koch; B şi C - curbe fracţionale browniene de dimensiune fractală 1,2 respectiv 1,8, produse de deplasarea punctului de mijloc şi un algoritm de adunare succesivă aleatoare.



b) Linia de coastă fractală cuprinsă de trei segmente de riglă de lungime L. Folosind această riglă, perimetrul $P = N \cdot L$, unde N este numărul de paşi de riglă. Se observă cum intrândurile mai mici decât L sunt acoperite de riglă şi sunt excluse din calculul perimetrului. Folosind rigle mai mici, se includ mai multe detalii în calcul, deci perimetrul măsurat creşte.
(după Roach şi Fowler, 1993)

Segmentul liniar ca unitate de lungime este divizat în două parţi; deci $r_1 = \frac{1}{2}$, iar una din părţi este considerată ca $N_1 = 1$. Segmentul care rămâne este apoi divizat în două părţi $r_2 = \frac{1}{4}$ (fig. 64)

Deci $D = \frac{\ln\left(\frac{N_{n+1}}{N_n}\right)}{\ln\left(\frac{r_n}{r_{n+1}}\right)}$

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Exemple de calcul al dimensiunii fractale pentru obiecte liniare

Problema 1. Pornind de la figura 64, să se calculeze N_3, N_4, r_3 şi r_4 dacă segmentul iniţial e divizat în 3 părţi şi se reţin două. Această construcţie se numeşte *setul lui Cantor*.

Rezolvare

Având în vedere că din 3 segmente se reţin 2, $N_1 = 2$.

$N_2 = 4$ (din împărţirea ulterioară); $N_3 = 8$; $N_4 = 16$.

Pentru că segmentul este divizat în 3 părţi, $r_1 = \frac{1}{3}$.

Fiecare din cele 3 părţi este divizată apoi în alte 3 părţi: $r_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$.

Operaţiunea continuă astfel încât $r_3 = \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{27}$; $r_4 = \frac{1}{27} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{81}$

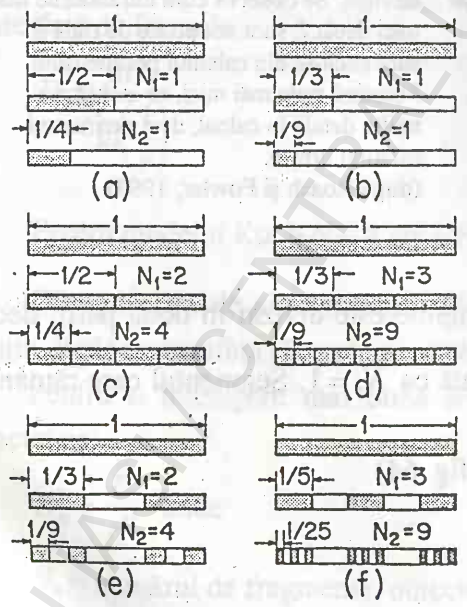


Fig. 64. Un segment liniar este împărţit într-un număr de segmente mai mici. O parte din acestea sunt reţinute. Operaţia este repetată. În figură sunt ilustrate primele două ordine. a) Un segment este divizat în două părţi şi se reţine una. $D = \ln 1/\ln 2 = 0$ (dimensiunea fractală este un punct); b) Un segment este divizat în trei părţi şi se reţine una. $D = \ln 1/\ln 3 = 0$ (dimensiunea fractală este un punct); c) Un segment este divizat în două părţi şi se reţin două. $D = \ln 2/\ln 2 = 1$ (dimensiunea fractală este o linie); d) Un segment este divizat în trei părţi şi se reţin trei. $D = \ln 3/\ln 3 = 1$ (dimensiunea fractală este o linie); e) Un segment este divizat în trei părţi şi se reţin două. $D = \ln 2/\ln 3 = 0{,}6309$ (dimensiunea fractală nu este întreagă). Această construcţie este cunoscută ca setul lui Cantor; f) Un segment este divizat în cinci părţi şi se reţin trei. $D = \ln 3/\ln 5 = 0{,}6826$ (dimensiunea fractală nu este întreagă) (după Turcotte, 1992)

BCU "I. C. BRĂTIANU" UNIVERSITY LIBRARY

Problema 2. Un segment este divizat în 5 părți egale și două din ele sunt reținute. Construcția este repetată.

a) Ilustrați grafic această construcție

b) Determinați N_1, N_2, N_3, r_1, r_2, r_3.

Rezolvare

$N_1 = 2$ (numărul de părți care se reține); $N_2 = 4$; $N_3 = 8$; $N_4 = 16$.

Segmentul se împarte în cinci părți, deci $r = \frac{1}{5}$

$$r_1 = \frac{1}{5};\ r_2 = \frac{1}{5}\cdot\frac{1}{5} = \frac{1}{25};\ r_3 = \frac{1}{5}\cdot\frac{1}{25} = \frac{1}{125}$$

Dimensiunea fractală se calculează astfel:

$$Df = \frac{\ln N}{\ln\frac{1}{r}} = \frac{\ln 2}{\ln\frac{1}{1/5}} = \frac{\ln 2}{\ln 5} = 0{,}43$$

Aceeași valoare se obține din formula:

$$Df = \frac{\ln\left(\frac{N_{n+1}}{N_n}\right)}{\ln\left(\frac{r_n}{r_{n+1}}\right)} = \frac{\ln\frac{16}{8}}{\ln\frac{1/125}{1/(5\cdot 125)}} = \frac{\ln 2}{\ln 5} = 0{,}43$$

Problema 3. În figura 65 se consideră $N_1 = 1$, $N_2 = 2$, $N_3 = 4$. Arătați că $D = \frac{\ln 2}{\ln R}$. Determinați R pentru exemplul din figură. Se știe că $\frac{h_1}{h_2} = \frac{h_2}{h_3} = R$.

Rezolvare

Din $\frac{h_1}{h_2} = \frac{h_2}{h_3} = \ldots = \frac{h_{n-1}}{h_n} = R$ rezultă $h_1 = h_2 \cdot R$, $h_2 = h_3 \cdot R$, ...

$h_{n-1} = h_n \cdot R$, adică șirul de date formează o progresie geometrică cu rația R.

$r_n = r_{n+1} \cdot R$

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

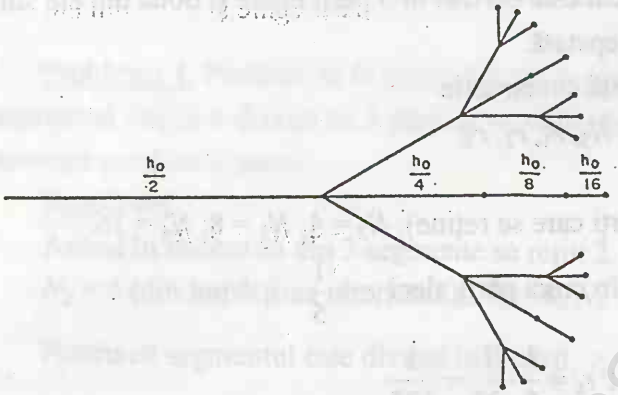


Fig. 65. Model pentru o rețea hidrografică fractală

Dimensiunea fractală *Df* devine:

$$Df = \frac{\ln\left(\frac{N_{n+1}}{N_n}\right)}{\ln\left(\frac{r_n}{r_{n+1}}\right)} = \frac{\ln\frac{2}{1}}{\ln\frac{R\cdot r_{n+1}}{r_{n+1}}} = \frac{\ln 2}{\ln R}$$

Pentru exemplul din figura 65 se observă:

$$h_0 = h_0; \qquad h_1 = \frac{h_0}{2}; \qquad h_2 = \frac{h_0}{4} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{1}{2}$$

Problema 4. Un segment este divizat în 7 părți egale, trei din ele sunt reținute. Construcția se repetă. Determinați N_1, N_2, N_3; r_1, r_2, r_3 și dimensiunea fractală.

Rezolvare

$N_1 = 3$ (din cele 7 părți se reține 3); $N_2 = 9$; $N_3 = 27$.

Rația $r_1 = \frac{1}{7}$ (segmentul se împarte în 7 părți); $r_2 = \frac{1}{7}\cdot\frac{1}{7} = \frac{1}{49}$;

$r_3 = \frac{1}{49}\cdot\frac{1}{7} = \frac{1}{343}$.

Dimensiunea fractală se calculează după formula:

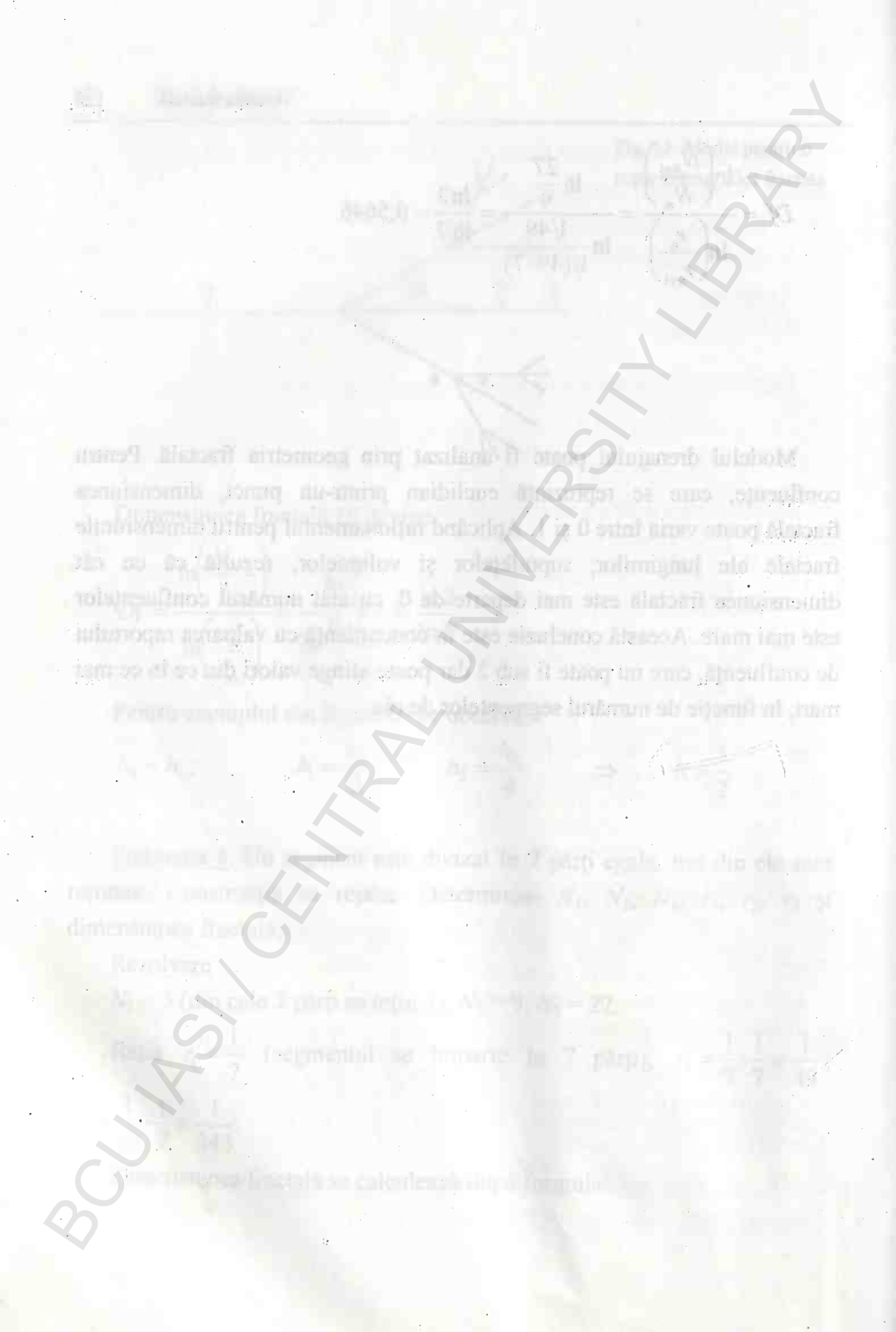
BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$Df = \frac{\ln\left(\frac{N_{n+1}}{N_n}\right)}{\ln\left(\frac{r_n}{r_{n+1}}\right)} = \frac{\ln\frac{27}{9}}{\ln\frac{1/49}{1/(49\cdot 7)}} = \frac{\ln 3}{\ln 7} = 0{,}5646$$

* * *

Modelul drenajului poate fi analizat prin geometria fractală. Pentru confluențe, care se reprezintă euclidian printr-un punct, dimensiunea fractală poate varia între 0 şi 1. Aplicând raționamentul pentru dimensiunile fractale ale lungimilor, suprafețelor şi volumelor, rezultă că cu cât dimensiunea fractală este mai departe de 0, cu atât numărul confluențelor este mai mare. Această concluzie este în concordanță cu valoarea raportului de confluență, care nu poate fi sub 2 dar poate atinge valori din ce în ce mai mari, în funcție de numărul segmentelor de râu.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

8. ANALIZA COMPLEXĂ A DINAMICII RELIEFULUI PENTRU ELABORAREA HĂRȚILOR SINTETICE

8.1. Potențialul morfodinamic

Evaluarea potențialului morfodinamic al bazinelor are la bază date concrete vizând: poziția geografică, morfometria, morfografia, forța morfodinamică: factorii de condiționare sau pasivi (rocă, sol, vegetație, valori medii ale elementelor climatice - inclusiv înghețul în sol, hidrologice); factorii dinamici sau activi (precipitații maxime, scurgerea, temperaturi extreme ale aerului și solului, valori maxime ale debitelor lichide, solide, ale nivelurilor, activități antropice - inclusiv modul de utilizare a terenurilor -, seismicitate, neotectonică).

Analiza morfometrică și morfografică ca expresie actuală a evoluției îndelungate a reliefului, se realizează pe baza unor parametri calculați (pentru detalii vezi S.A.Munteanu și colab., 1991; Florina Grecu, 1992).

Date morfometrice: altitudinea maximă a bazinului (și a râului) (H_{max}); altitudinea minima (H_{min}); altitudinea medie (H_{med}); lungimea râului colector principal (L); coeficientul de sinuozitate (k_s); lungimea bazinului (L_b); lățimea bazinului (l) (maximă - l_{max}; minimă - l_{min}; medie l_{med}); suprafața (S); perimetrul (P); coeficientul lui Gravelius (k_G).

Date morfografice: profilul transversal al versanților (convex, concav, mixt, drept); unități morfodinamice de versant (vezi I. Mac, 1986); profilul longitudinal al râurilor (profile efectuate cu ajutorul hărții topografice); indicele de formă al talvegurilor pentru organismele torențiale ($n=Fs/Fi$; Fs = suprafața de deasupra liniei talvegului; Fi = suprafața de sub linia talvegului).

Forța morfodinamică potențială în funcție de: panta medie a versantului $l_{v\ med}$ (pe ordine de mărime); lungimea versantului L_v (pe ordine de

BCU "CAROL I" UNIVERSITY LIBRARY

mărime); categorii de pante (vezi fig. 67); lungimea râului colectiv principal (pe subbazine); panta medie a râului colector principal l_r *med* (pe ordine de mărime).

Expunerea versanților - pe ordine de mărime, raportate la rețeaua de râuri.

Modele morfometrice (cu caracter de sinteză pentru morfometrie și morfografie): modelul drenajului; modelul perimetrelor; modelul suprafețelor; modelul pantelor.

• *Bazinul Calvei* este axat pe paralela de 46° latitudine nordică și meridianul de 24°20' longitudine estică, fiind situat în Podișul Transilvaniei de Sud, mai precis în partea de nord-vest a Podișului Hârtibaciului.

Râul Calva este afluent de dreapta al Vișei, râu care se varsă în Târnava Mare în aval de localitatea Copșa Mică (fig. 66). Altitudinea maximă a bazinului este de 673 m (Dealul Hamba, în cursul mediu, nu la izvoare), iar cea minimă de 298 m, la gura de vărsare în Vișa, în perimetrul localității Șeica Mare.

Râul Calva izvorăște de la 625 m (Dealul Zlagna), traversează Podișul Hârtibaciului având o direcție est-vest și o lungime de 29 km, rezultă o diferență de nivel de 327 m. Suprafața bazinului este de 179 km^2, iar altitudinea medie a reliefului de 487 m. Raportând suprafața bazinului la lungimea sa (27 km), rezultă o înălțime medie a bazinului de 6,6 km. Lățimea maximă atinge însă 12 km în partea centrală, unde primește un afluent de circa 10 km (Valea Satului).

Analiza modelului drenajului (vezi fig. 55) permite următoarele constatări:

- valoarea calculată a numărului segmentelor de râu pentru cel mai mare ordin (5) este supraunitară și arată o realizare a bazinului peste valoarea 1, respectiv 1,34, la un raport de confluență (*Rc*) de 4,32, dovedind un anume echilibru la nivelul întregului bazin. În acest caz, numărul segmentelor de râu de ordinul 4 (calculat) este de 5,78, peste valoarea reală, măsurată (4) (tabelele 12 și 20).

BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- valorile calculate ale sumei lungimilor şi lungimilor medii pentru termenul de cel mai mare rang (5) sunt mult sub valoarea măsurată, dar pentru segmentele de ordin 4 ele sunt supradimensionate, indicând anumite dezechilibre care rezultă şi din modelul drenajului bazinelor de ordinul 4 şi respectiv a celor de ordinul 3.

- analiza hărţilor ierarhizării hidrografice, proceselor geomorfologice şi a expunerii la risc pune în evidenţă bazinele de ordinele 2 şi 3 ca areale cu risc la eroziune regresivă şi în adâncime;

- aceeaşi constatare este susţinută şi de analiza segmentelor de râu de ordinul 1, care au importanţă primordială în organizarea scurgerii pe versanţi. În prezentarea grafică în coordonatele semilogaritmice (vezi fig 55 B) punctele ce definesc numărul segmentelor de râu (N_1), suma lungimilor medii (L_1) şi media lungimilor (l_1) se abat de la dreaptă, fiind sub valoarea măsurată, situaţie care reflectă o eroziune regresivă încă puternică în condiţiile unui substrat geologic friabil.

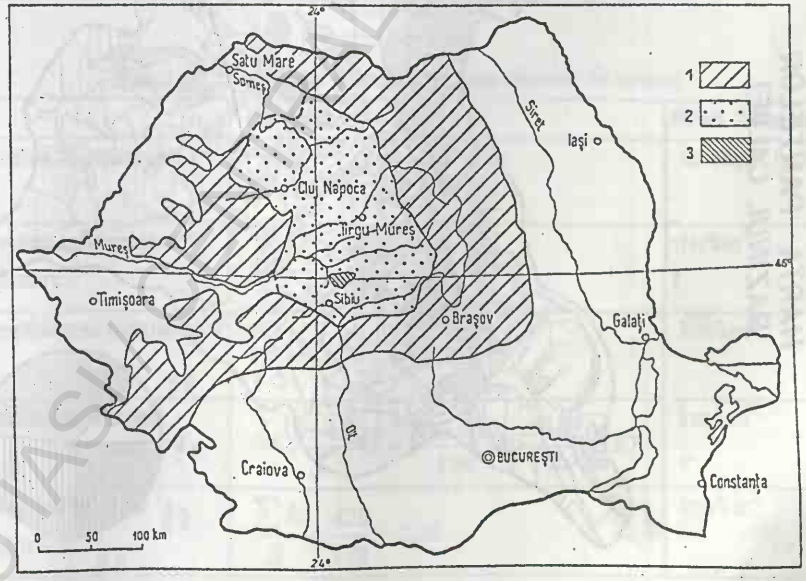


Fig. 66. Poziţia geografică. 1: Carpaţii; 2: Depresiunea Transilvaniei; 3: Bazinul Calvei.

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

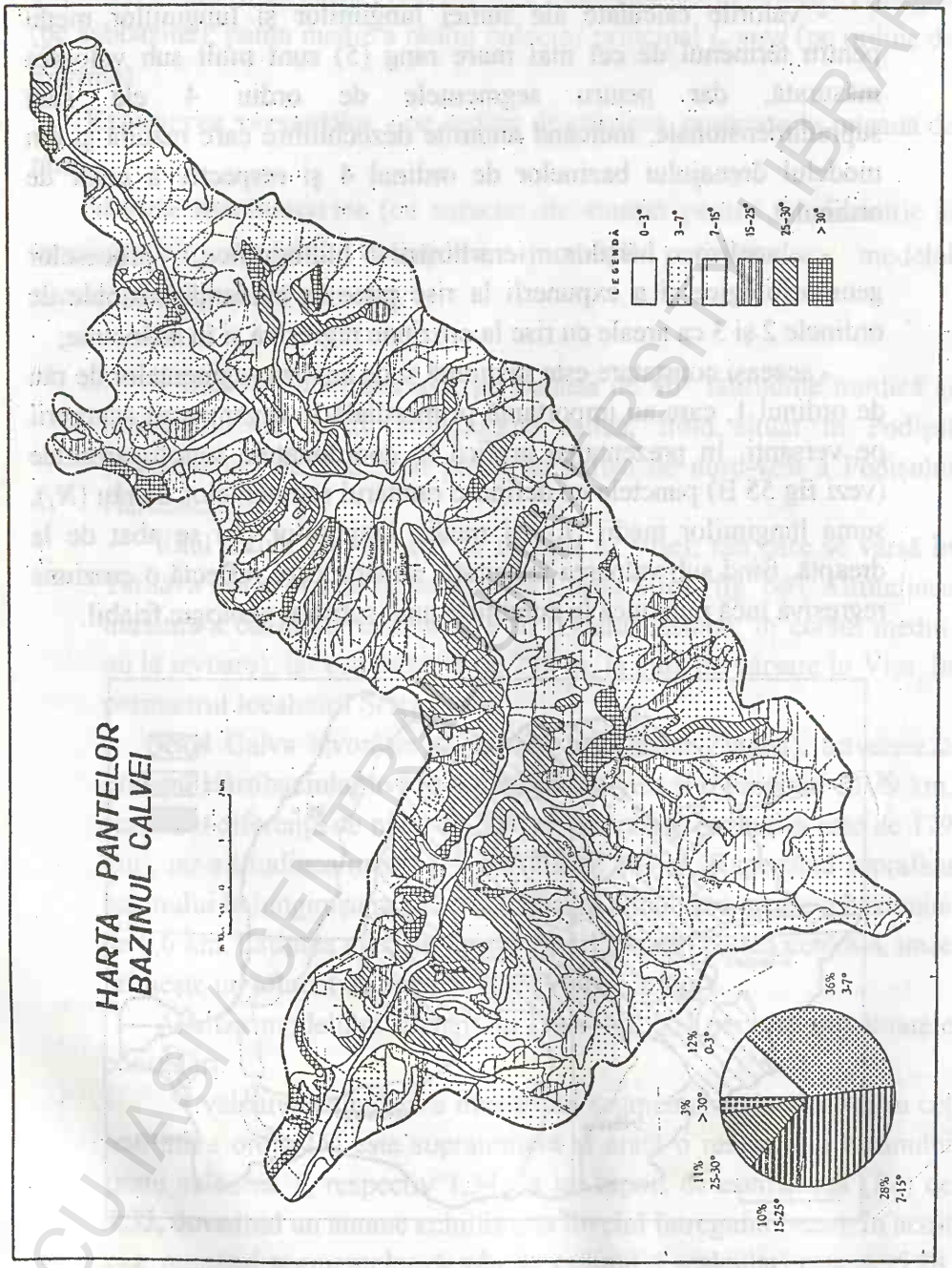


Fig. 67. Harta pantelor

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Factorii morfodinamici sunt grupați, în general, în factori pasivi sau de condiționare şi factori activi. Analizați prin prisma fenomenelor de risc, chiar factorii pasivi se pot transforma în factori declanşatori ai proceselor de modelare, pot deveni deci factori de risc. Frunțile cuestelor, spre exemplu, la pante diferite, în funcție de duritatea rocii, devin factori de risc, deşi particularitățile geologice sunt încadrate la elemente cu acțiune pasivă.

Pentru rocă se au în vedere caracteristici fizico-mecanice şi chimice, cum sunt: rezistența la compresiune, coeficientul de tărie, unghiul de frecare, compoziția granulometrică, tixotropia etc. (I. Băncilă coord., 1980) (tabelele 21 şi 22).

Trebuie menționat că analiza factorilor de risc se realizează inițial pe componente separate; identificarea pragurilor de translație spre extreme se face ținându-se seama de cât mai multe variabile. Specialiştii cu experiență şi practică de teren stabilesc cu multă uşurință factorii de risc cu dominantă maximă în expunerea terenurilor la risc.

(Pentru caracterizarea bazinului Calvei vezi Grecu, 1997.)

Tabel 20. Parametrii calculați pe baza datelor de drenaj

	Formulă	Unit. Măsură
Frecvența segmentelor	$\frac{\sum N_1}{S} = \frac{612}{179} = 3{,}41$	nr. segm./km^2
Frecvența talvegurilor elementare	$\frac{\sum N_1}{S} = \frac{474}{179} = 2{,}65$	N_1/km^2
Torențialitatea incipientă	$\frac{\sum L_1}{S} = \frac{246}{179} = 1{,}37$	km/km^2
Torențialitatea totală	$\frac{\sum (L_1 + L_2)}{S} = \frac{246+90}{179} = \frac{336}{179} = 1{,}87$	km/km^2
Densitatea lungimii talvegurilor	$\frac{\sum L}{S} = \frac{429}{179} = 2{,}39$	km/km^2

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 21. Valori orientative ale caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor

Tăria rocii	R_c daN/cm^2	Categoria rocii	Caracterizare generală	Tipuri de bază ale grupei	Coef. tărie f	Unghi frecare intern Φ	Coez. in masiv, C_m daN/cm^2	Greutate vol. γ kN/m^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tari, stâncoase	800	Ia	Roci eruptive sau metamorfice slab fisurate, nealterate Roci eruptive sau metamorfice slab fisurate, slab alterate	1. Granite, diorite, diabaze, bazalte, gabrouri, porfire, calcar silicifiat, gresii silicioase, compacte, andezite compacte 2. Gnaise cu cristale mari, granite şi granodorite, diabaze, calcare recristalizate, calcare dolomitizate foarte compacte, amfibolite, porifire alterate cuartite, gresii cuproase fin cristalizate	10 9-10	35°	1,5-10,0	27-29
		Ib	Roci eruptive sau metamorfice puternic fisurate, alterate	1. Bazalte, gabrouri, gnaise, granite şi diabaze alterate, porfire puternic alterate	7-8	30°	1,0-5,0	

BCU "ASACHI" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 21 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Semit ari sau semi-stân-coase	700	II	Roci eruptive şi metamorfice puternic alterate, şisturi, gresii, argilite, aleurite, marne, conglomerate brecii, calcare lumaşelice	1. Amfibiolite, granodiorite şi diabaze alterate, şisturi calcaroase argiloase cuartitosericitoase, calcar dolomitizat, argilite compacte	6	30°	0,35-3,0	25-27
				2. Granite, granodiorite, diorite foarte alterate, diabaze alterate complet, creta compactă, gresii alterate, porifirite şi sienite caolinizate, lufuri afectate de alterare, calcare marnoase, conglomerate şi gresii cu ciment argilos, şisturi argiloase, cristalizate micacee sericiloase	4-5	27,5°		
				3. Şisturi cloritoase, calcito-cloritoase, sericitoase, argiloase, argilo-carbunoase slab grezoase, calcare lumaşelice, argilite cu compactitate medie	3	25°		

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 21 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Moi coe-zive	<200	III	Roci eruptive sau metamorfice intens alterate sau complet dezagregate, roci sedimentare alterate, crete, argile, loesuri, depozite deluviale	1. Şisturi puternic alterate, sericitizate, cloritoase micacee, conglomerate slabe, calcare dolomitice moi, gresii calcaroase, argile grezoase, aleurite compacte argiloase moi, cretacice, marne	2	22,0°	0,1-0,5	22-24
				2. Gresie slab cimentată cu ciment de natură argilo-nisipoasă, roci sedimentare conglomerate, aleurite argiloase, argilite slabe, marnă argiloasă	1	20°		

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 22. Valori orientative ale parametrilor Φ (in grade) si C (in kPa) dupa STAS 3300/1-85

Caracterizarea pământurilor			Indicele porilor, e													
			0,45		0,55		0,65		0,75		0,85		0,95		1,05	
			Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C	Φ	C
Necoezive		Nisip cu pietriș														
		nisip mare	37	-	34	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Nisip mijlociu	34	-	32	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Nisip fin	32	-	31	-	27	-	23	-	-	-	-	-	-	-
		Nisip prăfos	31	-	29	-	25	-	22	-	-	-	-	-	-	-
Coezive saturate ($S_r \geq 0,8$)	$I_p<10$	$0,75<I_c\leq 1$	25	10	24	7	22	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		$0,5<I_c\leq 0,75$	23	8	22	6	20	4	17	2	-	-	-	-	-	-
	$10<I_p<20$	$0,75<I_c\leq 1$	22	30	21	24	20	20	19	16	18	14	16	12	-	-
		$0,5<I_c\leq 0,75$	20	24	19	22	18	18	17	15	15	12	14	10		
		$0,25<I_c\leq 0,5$					16	16	15	13	13	10	11	9	10	7
	$I_p>20$	$0,75<I_c\leq 1$			17	53	16	44	15	35	15	31	13	27	11	24
		$0,5<I_c\leq 0,75$					15	37	14	33	13	28	11	24	9	21
		$0,25>I_c\leq 0,5$					12	29	11	27	10	23	8	21	5	19

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

8.2. Procesele geomorfologice actuale

Procesele geomorfologice constituie principalii factori de risc pentru degradarea terenurilor. De aceea, cartarea la scări mari (scara 1:25.000 şi chiar la scări mai mari), precum şi stabilirea dinamicii lor actuale (active sau fixate) sunt obligatorii pentru studiul riscului unei regiuni de podiş.

Studiile întreprinse asupra eroziunii solului grupează de obicei procesele geomorfologice de versant după impactul pe care îl au asupra solului, în: eroziune în suprafaţă; eroziune în adâncime şi alunecări de teren.

Principalii indicatori de estimare a studiului degradării terenurilor sunt: indicatori de stare (stadiul actual); indicatori de risc.

Indicatorii de stare pentru eroziunea în adâncime, eroziunea în suprafaţă şi alunecări au în vedere dimensiunile de suprafaţă sau lungime afectate de procesul respectiv (S_x) şi suprafaţa totală (S_t), luată în studiu (bazinul hidrografic), stabilite procentual:

$$I_x = (S_x/S_t) \cdot 100$$

Estimarea suprafeţei acoperite de ravene aplicând formula:

$$C_r = (S_r/S_t).100$$

are o doză de imprecizie când nu se utilizează date măsurate în teren; S_r = suprafaţa ravenelor (km^2); S_t = suprafaţa totală analizată (km^2).

Gradul de afectare a terenului de **eroziunea în adâncime** rezultă din raportul suprafeţei totale a reţelei de drenaj la suprafaţa totală a terenului:

$$I_{ea} = (S_{ea}/S_t).100$$

Corelat cu densitatea reţelei hidrografice (L/S = m/km^2), valoarea eroziunii în adâncime permite şi evaluări asupra dinamicii reliefului din perspectiva liniară. Întrucât formula eroziunii în adâncime (I_{ea}) se aplică cu foarte mare dificultate chiar atunci când se fac măsurători de teren, se pot utiliza dimensiunile de lungime cum sunt densitatea fragmentării, adâncimea fragmentării, precum şi alte calcule pe baza datelor obţinute din modele morfometrice (sistem Horton-Strahler).

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Starea **eroziunii în suprafață** a bazinului hidrografic are în vedere suprafața cu soluri erodate, folosindu-se cinci clase pentru eroziunea solului (N. Florea şi colab., 1987):

$$I_{es} = (S_{es} / S_t) \cdot 100$$

(S_{es} = suprafața cu soluri erodate; S_t = suprafața totală)

Aceeaşi formulă simplă se aplică şi pentru starea de degradare a terenului prin **alunecări**:

$$I_a = (S_a / S_t) \cdot 100$$

(I_a = indicatorul de alunecare; S_a = suprafața afectată de alunecări; S_t = suprafața bazinului hidrografic).

Indicatorii de risc ai degradărilor terenurilor sunt grupați în indicatori pentru eroziunea în adâncime, indicatori pentru eroziunea în suprafață şi indicatori de risc pentru alunecări.

Indicatorii de risc pentru **eroziunea în adâncime** prin ravene sunt: indicatorul pentru creşterea în lungime (*Rf*) şi indicatorul pentru creşterea volumului de sol erodat (*Rv*).

Rata de alungire a ravenelor este în strânsă corelare cu suprafața bazinului în amonte de vârful ravenelor. Dintre modelele statistice utilizate pentru rata de alungire a ravenelor, pentru Podişul Moldovei s-a folosit (Maria Rădoane şi colab., 1994):

$$\log y = a + b \log x_1 + c \log x_2 + \ldots + n \log x_n$$

în care y = rata de lungime a ravenei (*Ra*; m/an);

x_1 = lungimea ravenei (*L*;m);

x_2 = suprafața bazinului de drenaj amonte de vârful ravenei (S_2; ha);

x_3 = panta bazinului amonte de vârful ravenei (*P*; %);

x_4 = energia de relief amonte de vârful ravenei (*E*;m).

Pentru creşterea în lungime a ravenelor se foloseşte şi formula propusă de S.C.S. - S.U.A.:

$$R_f = R_p \cdot A^{0,46} \cdot P^{0,20}$$

BCU MIHAIL KOGĂLNICEANU UNIVERSITY LIBRARY

în care:

R_f = viteza de înaintare a vârfului ravenei (m/an);

R_p = viteza de înaintare măsurată pentru o perioadă anterioară (m/an) (se stabileşte pe aerofotograme pe cel puţin 10 ani);

A = raportul între suprafaţa de colectare anterioară (pentru diferite distanţe, de la vârful ravenei) şi cea corespunzătoare unor lungimi alese (variază între 0 şi 1);

P = raportul între suma precipitaţiilor medii anuale (pentru perioade cât mai îndelungate) şi media multianuală a perioadei pentru care s-au efectuat măsurători.

Potenţialul eroziunii regresive este redat şi de valorile frecvenţei talvegurilor elementare (de ordinul 1) şi ale torenţialităţii incipiente.

Pentru **eroziunea în suprafaţă** s-au folosit diferite relaţii empirice, referitoare la factorul hidric. Nu se iau în calcul alunecările superficiale ale păturii înierbate.

Riscul erozional efectiv se stabileşte cu ajutorul ecuaţiei universale a eroziunii stabilite de Wischmeier (1960) şi adaptată de M. Moţoc (M. Mureşanu şi colab., 1992):

$$E_{ef} = K \cdot S \cdot C \cdot C_S \cdot L^{0,3} \cdot i^{1,4}$$

în care:

E_{ef} = eroziunea medie anuală (t/ha.an);

K = coeficientul de agresivitate pluvială (fig. 68);

S = coeficientul pentru erodabilitatea solului (tabelul 23);

C = coeficientul pentru influenţa vegetaţiei (tabelul 24);

C_s = coeficientul pentru influenţa sistemului de cultură folosit, lucrări de amenajare a versanţilor (tabelul 24);

L = lungimea versantului (m);

i = panta medie a versantului (%) (tabelul 25).

În cazul **eroziunii potenţiale** (Ep) nu se iau în calcul coeficienţii de vegetaţie şi lucrări de amenajare a versanţilor, formula fiind:

$$E_{ef} = K \cdot S \cdot L^{0,3} \cdot i^{1,4}$$

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 68. Zonarea agresivității pluviale (după D. Mureşan, I. Pleşa, 1992)

Gradul de vulnerabilitate a terenului la eroziunea în suprafața (V_{es}) este dat de relația:

$$V_{es} = (E_{ef} / E_p) \cdot 100$$

Indicatorii de risc pentru alunecările care duc la degradarea terenurilor au în vedere în primul rând alunecările active, respectiv volumul masei care se deplasează, viteza de deplasare, suprafața afectată.

Cartarea detaliată a alunecărilor de teren la scară mare este completată de date asupra dinamicii alunecărilor, cum sunt:

- alunecări - instabilitate evidentă cu râpa de desprindere;
- alunecări cu instabilitate potențială;
- alunecări vechi; deplasări pe suprafețe restrânse;
- alunecări stabilizate prin lucrări de amenajare a versanților;
- suprafețe fără alunecări.

Pentru calcularea volumului masei alunecate există diverse formule empirice. Una dintre formulele uşor de utilizat este:

$$V = 1/6\pi L_d \cdot D_d \cdot W_d$$

în care:

L_d = lungimea materialului deplasat;

D_d = grosimea (înalțimea) maximă a masei deplasate;

W_d = lățimea masei deplasate.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

• În bazinul hidrografic al *Calvei*, ca de altfel în toată partea nord-vestică şi vestică a Podişului Hârtibaciului (Dealurile Şoalei şi Podişul Vurpărului), este specifică dezvoltarea formelor de eroziune liniară în toată complexitatea lor, de la formele simple până la organismele torenţiale puternic ramificate şi eroziunea în adâncime puternică a râurilor.

Ele sunt răspândite în întregul bazin hidrografic al Calvei, având dimensiuni şi lungimi mai reduse pe frunţile cuestelor şi mai mari pe suprafeţele structurale. Adâncimile lor depăşesc 5 şi chiar 10-20 m. Eroziunea în adâncime este mai activă la râurile secundare, inclusiv la torenţi.

Este semnificativ faptul că baza eroziunii organismelor torenţiale nu corespunde întotdeauna nivelului râurilor cu scurgere permanentă. Situaţia este frecventă în cazul organismelor torenţiale situate pe dreapta Calvei, al căror con de dejecţie este situat fie pe glacisuri mai vechi, fie pe podul terasei inferioare. Organismele torenţiale actuale apar astfel într-o fază a evoluţiei lor. Formarea organismelor torenţiale trebuie privită în contextul evoluţiei paleogeografice de la sfârşitul cuaternarului, în care condiţiile de climă şi de vegetaţie au favorizat modelarea versanţilor prin eroziune liniară. Modificările produse în echilibrul versanţilor din ultimul timp trebuie corelate şi cu activităţile antropice, respectiv cu despăduririle masive din regiune, în condiţiile unui substrat geologic uşor friabil. De altfel, în Podişul Transilvaniei au fost efectuate observaţii din care rezultă o modificare alternativă a condiţiilor climato-vegetale în timpul cuaternarului, cu unele faze în care s-a manifestat eroziunea liniară pe versanţi şi formarea organismelor torenţiale, succedate de perioade de reducere sau chiar de stingere a acestor procese.

Cercetările întreprinse de noi s-au bazat în primul rând pe cartarea proceselor actuale (fig. 69). Calcularea indicatorilor de risc pentru eroziunea liniară este justificată de frecvenţa mare a organismelor torenţiale.

Numărul de segmente de primul ordin (474) reprezintă circa 77% din numărul total de segmente de râu măsurate (612). Raportate la

suprafața întregului bazin se obține o frecvență a talvegurilor elementare de 2,65 N_1/km^2, valoare destul de apropiată de frecvența numărului total de segmente, respectiv 3,41.

Bazinele hidrografice de ordinele 2 şi 3 cu densitatea cea mai mare a talvegurilor elementare au un potențial ridicat de eroziune în adâncime şi eroziune regresivă.

Pentru estimarea eroziunii în suprafața s-a avut în vedere nu numai pluviodenudarea, ci şi alunecările superficiale în pătura înierbată care afectează toți versanții neîmpăduriți, cu pante mai mari de 12-17°, respectiv de la mijlociu înclinat la puternic înclinat.

În ceea ce priveşte alunecările profunde, acestea apar pe suprafețe foarte restrânse, la contactul miocen-pliocen în părțile sudică şi sud-estică ale bazinului.

Tabel 23. Clasificarea solurilor în raport cu erodabilitatea, în funcție de eroziune şi unele însuşiri fizice

Clasa	Caracterizarea solurilor	Valoarea coeficientului de corecție, pentru erodabilități în formula de calcul a eroziunii
1	Soluri foarte puternic sau excesiv erodate, cu coeziune foarte mică, fără structură	1,2
2	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mică, slab structurate	1,0
3	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mijlocie sau slab şi moderat erodate cu coeziune mică	0,8
4	Soluri puternic sau foarte puternic erodate, cu coeziune mare, bine structurate, profil puternic dezvoltat	0,7
5	Soluri slab sau moderat erodate, cu coeziune mijlocie, profil puternic dezvoltat, rocă mamă friabilă	0,7
6	Soluri slab sau moderat erodate cu coeziune mare, structură foarte bună, profil puternic dezvoltat, rocă mamă friabilă	0,6

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 24. Valorile coeficienților C_s și C [16]

Specificație	Panta versant, %					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25
Sistemul de cultură	Coeficientul C_s					
- Culturi anuale din deal în vale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- Culturi anuale pe curba de nivel	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85
- Culturi în fâșii	-	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
- Culturi cu benzi înierbate	-	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
- Culturi cu canale, valuri	-	-	0,18	0,21	0,24	0,25
- Culturi cu terase banchetă	-	-	0,15	0,18	0,21	0,25
- Culturi cu terase în trepte	-	-	0,05	0,08	0,10	0,15
Natura vegetației	Coeficientul C					
- Ogor negru cu rigole și șiroiri	1,20					
- Ogor negru	1,00					
- Cereale păioase de toamnă	0,15					
- Cereale păioase de primăvară	0,20					
- Mazăre, fasole	0,30					
- Porumb, cartofi, sfeclă	0,70					
- Culturi de protecție	0,25					
- Ierburi perene anul I	0,10					
- Ierburi perene anul II	0,05					
- Pajiști puternic degradate	0,80					
- Pajiști moderat degradate	0,30					
- Pajiști bine încheiate	0,05					
- Livezi pe terenuri degradate	0,70					
- Livezi pe curba de nivel	0,50					
- Vii din deal în vale	0,75					
- Vii pe curba de nivel	0,30					
- Pădure pe terenuri degradate	0,25					
- Pădure încheiată	0,02					

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 25. Clasificarea terenurilor după valoarea pantei (dupa Moţoc şi colab.)

Grupa	Clasa	Denumirea terenului		
Simbol	Pantă %	Simbol	Pantă %	
I	0-5	A	0-2	practic 0
		B	2-5	extrem de slab înclinat
II	5-12	C	5-8	foarte slab înclinat
		D	8-12	slab înclinat
III	12-25	E	12-18	mijlociu înclinat
		F	18-25	puternic înclinat
IV	25-50	G	25-35	foarte puternic înclinat
		H	35-50	extrem de puternic înclinat
V	peste 50	I	50-70	abrupt
		J	70-100	foarte abrupt
		L	peste 100	extrem de abrupt

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

9. HARTA EXPUNERII TERENURILOR LA RISC. BAZINUL CALVEI

Harta expunerii la risc a terenurilor din zonele temperate cu relief de deal şi podiş se realizează în etape succesive de cercetări (inclusiv hărţi analitice), metodologia de amănunt putând avea unele adaptări, în funcţie de substratul geologic şi de particularităţile reliefului.

Menţionăm că aceste etape decurg dintr-o perspectivă geomorfologică, şi vizează:

- analiza potenţialului morfodinamic;
- analiza proceselor geomorfologice şi elaborarea hărţii acestora;
- regionarea proceselor geomorfologice şi a factorilor morfodinamici;
- harta expunerii la risc pe baza unei legende a cărei structură se stabileşte în timpul etapei anterioare (areale cu intensitate diferită a proceselor geomorfologice şi factorilor morfodinamici).

Regionarea factorilor de risc, respectiv a proceselor geomorfologice şi a potenţialului morfodinamic constituie etapa preliminară elaborării hărţii expunerii terenurilor la risc. În majoritatea hărţilor de risc elaborate în prezent, această operaţie nu apare explicit, ea rezultând însă din redactarea hărţii finale.

Din cele prezentate rezultă că pentru regiunile deluroase, cu utilizare agricolă intensă şi cu populaţie relativ densă, impactul proceselor geomorfologice asupra terenurilor este privit prin prisma capacităţii productive ale acestora. Este vorba de gradul diferit de expunere a terenurilor la procese de degradare sau de vulnerabilitatea lor.

Principalele variabile care influenţează expunerea la risc în regiunile temperate cu relief deluros, în speţă în bazinul Calvei, sunt: litologia, relieful (procese geomorfologice, pante, densitatea drenajului), solul, vegetaţia. De aceea, din volumul bogat de informaţii analitice, diversificat

BCU MST CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cantitativ şi calitativ s-au utilizat hărţile proceselor geomorfologice, solurilor şi eroziunii solului, densităţile reţelei de drenaj. Harta de bază a fost cea a proceselor geomorfologice, cartate pe teren. Litologia relativ uniformă pe bazin nu induce variaţii spaţiale deosebite. De asemenea, reflectarea înclinării stratelor în relief este concretizată în harta pantelor.

Interacţiunea variabilelor este diferită în cadrul suprafeţelor orizontale sau cvasiorizontale, versanţilor şi albiilor (majore şi minore), rezultând o gradare a expunerii terenurilor la risc (fig. 70).

A. **Podurile interfluviilor şi teraselor** cu pante sub 5° în general nu prezinta risc actual. Culmile foarte înguste sunt agresate de organisme torenţiale de ordinul 1 prin eroziune regresivă. Astfel de culmi pot fi urmărite şi în areale împădurite, cum sunt cele din bazinele Ştenei şi Văii Satului. Suprafaţa totală este de 27 km^2, adică 14,09% din suprafaţa bazinului.

B. **Versanţii** sunt formele predominante în bazinul Calvei.

Versanţii (glacisurile) cu expunere mică la risc datorită inundaţiilor şi formaţiunilor coluvio-proluviale au o pantă foarte lină ("de glacis") de 5-7° şi se extind de o parte şi de alta a râurilor Calva, Valea Satului, Şteana, în cursurile mediu şi inferior. Suprafaţa totală este de 12 km^2, 16,7% din suprafaţa bazinului Calva.

Podurile interfluviilor şi teraselor, precum şi glacisurile sunt terenuri nedegradate, utilizate pentru culturi agricole.

Versanţii cu expunere medie la risc actual au valori diferite ale înclinării, de la mijlociu până la puternic şi foarte puternic înclinat; sunt împăduriţi, cu soluri brune luvice pseudogleizate şi luvisoluri albice. Pot fi urmăriţi pe stânga şi în cursul superior al râului Calva, corespunzând în cea mai mare parte suprafeţelor cu păduri. (55,9 km^2, 31,23%).

Versanţii cu expunere mare la risc actual au înclinări de la mijlociu la puternic înclinat şi foarte puternic înclinat, sunt neîmpăduriţi, cu soluri brune argiloiluviale şi brune luvice erodate.

Procesele geomorfologice actuale afectează pătura înierbată şi parţial şi solul.

Predomină eroziunea în suprafaţă şi alunecările superficiale. Terenurile sunt slab productive, utilizate pentru păşuni şi fâneţe. Terasele artificiale neîntreţinute au favorizat instalarea proceselor. (31,3 km^2; 17,49%)

Versanţii cu expunere foarte mare la risc sunt puternic şi foarte puternic înclinaţi, neîmpăduriţi, cu erodisoluri, soluri brune argiloiluviale erodate. Alături de eroziunea în suprafaţă este deosebit de activă şi eroziunea în adâncime, terenurile fiind scoase din circuitul agricol. (34,3 km^2; 19,6 km^2)

Versanţii excesiv erodaţi prezintă pante foarte puternic înclinate, cu rocă la zi, sol erodat, neîmpăduriţi; sunt organisme torenţiale active, cu versanţi abrupţi, adânci de 15-30 m. (14 km^2; 7,82%)

Pe arealele restrânse s-a încercat fixarea lor cu specii de salcâm.

C. **Albiile majore** au o expunere medie la risc datorită inundaţiilor. *Talvegurile* râurilor au formă de şanţ adâncit în propriile aluviuni, maluri abrupte, alcătuite din nisipuri şi mâluri.

În concluzie, aproximativ 50% din suprafaţa bazinului Calva prezintă terenuri peste mediu degradate, în principal datorită despăduririlor.

BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

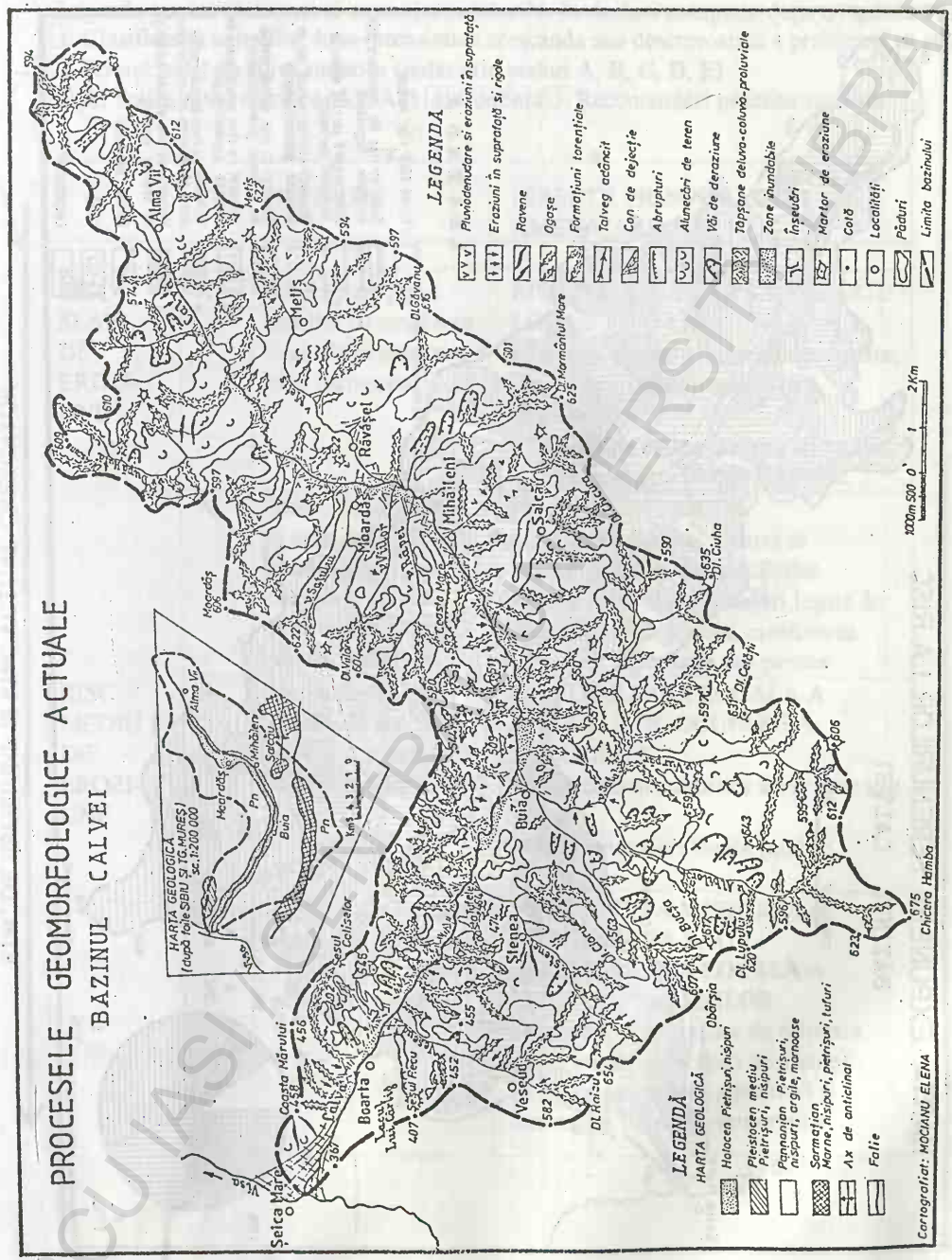


Fig. 69. Procesele geomorfologice actuale

BCU IAŞI / CENTRU DE CERCETĂRI

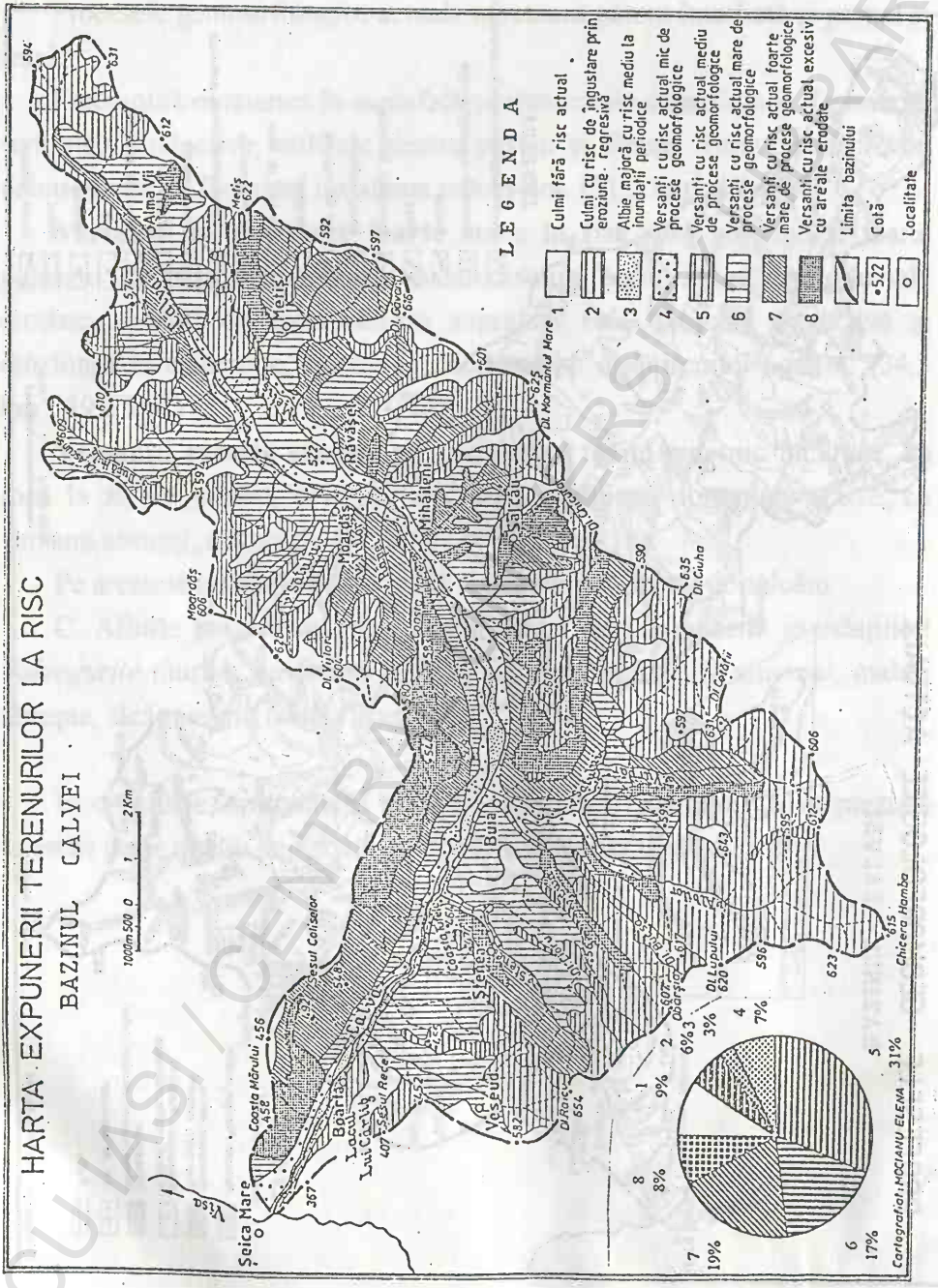


Fig. 70. Harta expunerii terenurilor la risc

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Legenda pentru eroziunea si amenajarea solurilor în dealuri (adaptata dupa o legenda Phare)
1. Clasificarea unitatilor dupa intensitatea crescanda sau descrescanda a problemei in studiu
2. Primul nivel de citire sintetica (redat prin coduri A, B, C, D, E)
3. Al doilea nivel de citire (A1, A2). 4. Continut 5. Recomandari practice succinte

RISC DE EROZIUNE SI RISC ACTUAL CRESCATOR

	Cod	DEFINITIE	DIRECTII PRINCIPALE DE AMENAJARE
	1	2	3
RISC SLAB DE EROZI-UNE	A_1	Mediu fizic putin sensibil cu cuvertura vegetala protectoare bine inchegata	RISC FOARTE SLAB SAU FOARTE LOCAL • În zona aluviala: protectia malurilor, limitarea eroziunii regresive a glacisurilor... • În zona de coline: amenajari locale, adaptarea practicilor de cultivare...
	A_2	Mediu fizic sensibil la eroziune compensator printr-o ocupare a solului protectoare (umana sau naturala)	RISC LATENT MEDIU • Zone necultivate: control al drumurilor si al despaduririlor • Zone cultivate: amenajari legate de mici irigatii de munte, mentinerea culturilor arboricole sau perene
RISC MEDIU DE EROZI-UNE	B_1	Mediu fizic putin sensibil la eroziune dar cu o cuvertura a solului insuficienta	AMELIORAREA LOCALA A MODULUI DE OCUPARE A SOLURILOR: • Dezvoltarea culturilor arboricole sau perene • Mici amenajari locale (maluri, ravine)
	B_2	Mediu fizic destul de sensibil la eroziune si o cuvertura a solului putin protectoare	PROTECTIE A MEDIULUI si MENTINEREA SAU AMELIORAREA LOCALA A OCUPARII SOLURILOR: Dezvoltarea directiilor de cultivare putin intensive (irigari de munte) pentru a permite reimpaduriri si amenajari destul de importante

BCU IASI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

RISC DE EROZIUNE SI RISC ACTUAL CRESCATOR ↓

	1	2	3
	B_3	Mediu fizic foarte sensibil si buna protectie a cuverturii vegetale (umana sau naturala)	RISC LATENT RIDICAT prin degradarea cuverturii vegetale: • Vegetatia "naturala": Limitarea stricta a despaduririlor si exploatarea forestiera rationala • Zone cultivate: amenajari antieroziune legate de micile irigatii, • Mentinerea culturilor arboricole
RISC RIDI-CAT DE EROZI-UNE	C_1	Mediu fizic sensibil la eroziune si cuvertura a solului insuficienta, Eroziune a solului notabila	AMELIORAREA CUVERTURII VEGETALE GENERALE SI AMENAJAREA STABILIZARII EROZIUNII ÎN CURS • Amenajari importante • Diminuarea locala a presiunii agricole
	C_2	Sensibilitate foarte puternica a mediului fizic moderata printr-o ocupare a solurilor destul de protectoare. Eroziune actuala locala marcata	RISC LATENT FOARTE RIDICAT: • Reimpaduriri sau generarea de populari forestiere • Dezvoltare de culturi arboricole si de amenajari importante contra eroziunii
RISC DE EROZI-UNE FOARTE RIDICAT SI EROZI-NE ACTUA-LA MAR-CATA	D	Mediu fizic foarte sensibil asociat cu o cuvertura de soluri insuficienta	MEDII DEJA PUTERNIC DEGRADATE SAU ÎN CURS DE DEGRADARE ACCELERATA • Realizarea de amenajari foarte importante, legate în general de o diminuare a presiunii agricole
ZONE ERO-DATE	E	EROZIUNEA este un element major de ocupare a solurilor	

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

10. HARTA FORMAȚIUNILOR SUPERFICIALE

Aspecte teoretice

Harta formațiunilor superficiale este o hartă sintetică. Elaborarea ei se face pe baza cartărilor și observațiilor din teren, precum și pe baza datelor oferite de hărțile analitice. Ea poate fi întocmită și numai pentru un singur tip de formațiune.

Conținutul hărții și implicit legenda acesteia sunt date de caracteristicile geografice și geologice ale regiunii, de scara la care se face reprenzentarea și de scopul urmărit de autor (fig. 71, 72). Acestea impun varietatea materialelor grafice, a hărților analitice și a informațiilor geografice, toate constituind baza documentară, realizată din: harta suprafețelor și nivelelor morfologice; harta proceselor geomorfologice actuale; harta geologică; harta hidrogeologică; harta pedologică; hărți climatice și de vegetație.

Din fiecare tip de hartă se obțin anumite informații, cunoscând însă condițiile genetice ale fiecărui tip de formațiune.

Harta suprafețelor permite delimitarea corectă a eluviilor vechi pe suprafețe de nivelare, a depozitelor de terasă și a aluviunilor din lunci.

Harta proceselor geomorfologice furnizează date asupra formațiunilor de versant și de albie; de exemplu: deluvii de alunecare, proluvii, coluvii etc.

Harta geologică permite stabilirea arealelor cu diferite litologii, vârste și implicit modul lor de manifestare la acțiunea agenților modelatori externi.

Harta hidrogeologică permite stabilirea orizonturilor de oxidare și reducere, variația nivelului freatic și respectiv grosimea orizonturilor respective.

Datele climatice și de vegetație sunt importante pentru stabilirea

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

mediului care conservă formațiunile superficiale sau, din contră, care le asigură dinamica actuală.

Se pot întocmi de asemenea grafice privind ponderea arealelor diferitelor tipuri de formațiuni, diagrame granulometrice, analize chimice, grafice cu diferiți indici (de rulare, de aplatizare, etc), precum și alte tipuri de grafice.

Harta formațiunilor superficiale, foaia Buzău, scara 1: 200000

Formațiunile superficiale reflectă elocvent raporturile cu relieful pe care îl mulează și condițiile lor morfogenetice rezultate din poziția regiunii de la contactul Câmpiei Române cu Subcarpații de Curbură (panta, natura rocilor și proceselor geomorfologice, precum și vegetația, specifice fâșiilor climatice marcate prin oscilații de temperatură, cantitatea de precipitații și perioadele de viitură). În acest sens, harta formațiunilor superficiale pune clar în evidență următoarele tipuri (fig. 72):

I. - formațiuni primare, de culmi de dealuri (autohtone) - eluvii;

II. - formațiuni secundare (alohtone):

a. de versant - deluvii, coluvii, proluvii;

b. formațiuni de terasă și de luncă și formațiuni specifice câmpiei de subsidență (aluviuni, inclusiv pietrișuri);

c. loessuri și depozite loessoide specifice câmpiei cu altitudini relative mai înalte;

d. formațiuni datorate unor condiții locale - de mlaștină (paludale).

I. **Formațiunile primare** (de culmi de dealuri)

Eluviile s-au format pe suprafețe cvasiorizontale și cu înclinare redusă; au rezultat din alterarea molasei pliocene (inclusiv calcare sarmatice - petice pe Dealul Istrița), ocupă areale dispersate pe interfluviile secundare dintre Buzău și Slănic, precum și pe interfluviul Buzău - Nișcov și la sud de Nișcov. Suprafața totală este de circa 19 km^2.

BCU Cluj / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

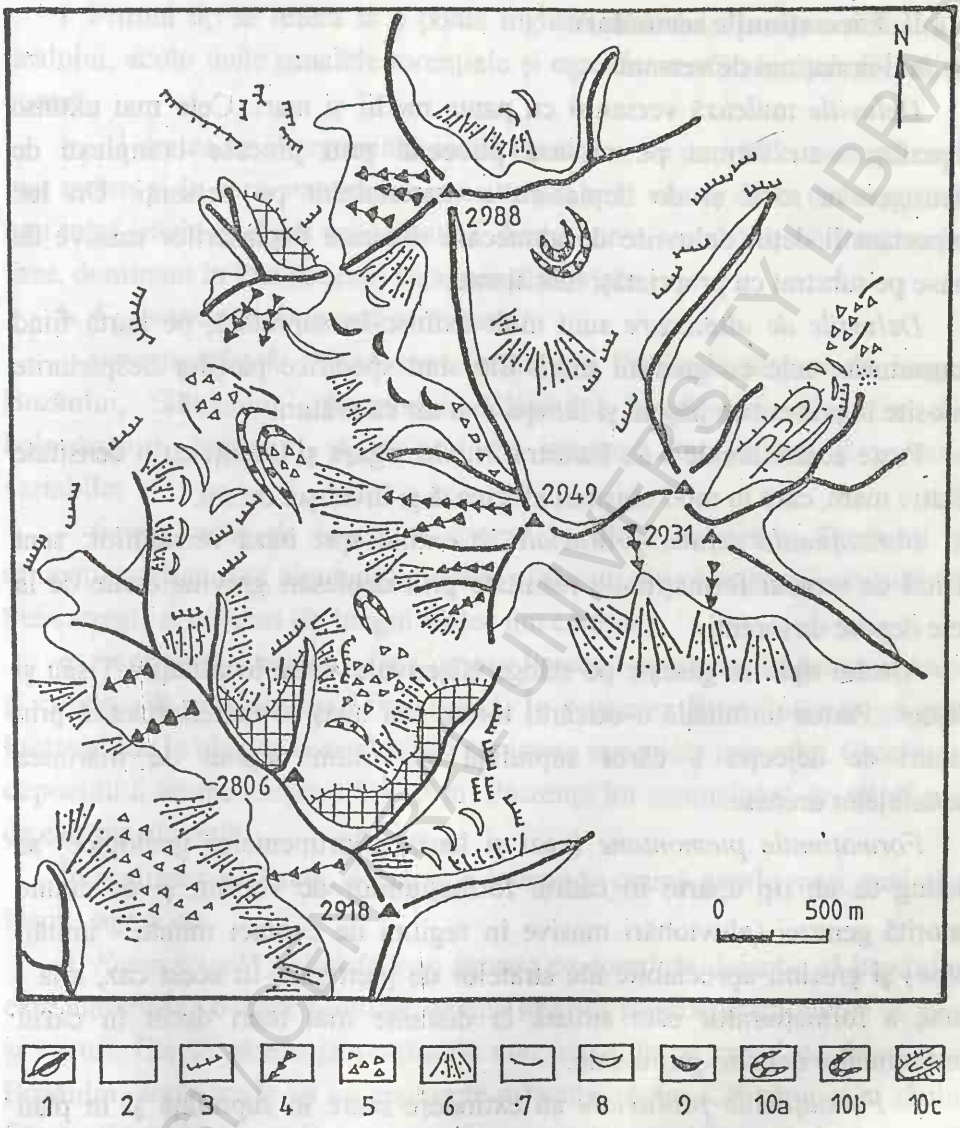


Fig. 71. Harta geomorfologică şi repartiția principalelor formațiuni de versant periglaciare (după Campy şi Macaire, 1989, cu modificări). 1, Creste principale şi versanți abrupți; 2, versanți abrupți periglaciari; 3, trepte petrografice; 4, culoare de avalanşă; 5, câmpuri de blocuri; 6, grohotişuri; 7, cordoane morenaice; 8, potcoava nivală de versant; 9, potcoava nivală la baza versantului; 10, gheţari de pietre: a, pe fund de circ; b, pe fund de vale; c, sub formă de limbă

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

II. **Formațiunile secundare**

a. Formațiuni de versant

Deluviile mulează versanții cu pante medii și mari. Cele mai extinse suprafețe s-au format pe molasa pliocenă prin procese complexe de distrugere a rocii și de deplasare a materialelor pe versanți. Un loc important îl dețin deluviile de alunecare datorate deplasărilor masive de mase pe substrat cu proprietăți lubrifiante.

Deluviile de alunecare sunt mult extinse în suprafață, pe hartă fiind consemnate cele cu grosimi mari. Ele sunt specifice părților despădurite folosite în prezent ca pășuni și fânețe, mai rar ca arături.

Peste aceste areale s-au încastrat rigole, ogașe și torenți cu o densitate relativ mare, care în mod obișnuit afectează și învelișul de sol.

Formațiunile deluvio-proluviale se extind spre baza versanților; sunt dificil de separat formațiunile rezultate prin deplasări gravitaționale de la cele depuse de torenți.

Arealul tipic se găsește pe stânga Nișcovului între localitățile Tisău și Nișcov. Partea terminală a oricărui torent sau ogaș se materializează prin conuri de dejecție a căror suprafață și volum depind de mărimea suprafețelor drenate.

Formațiunile piemontane (vezi și harta aflorimentelor geologice) se disting ca un tip aparte în cadrul formațiunilor de versant și de culme datorită genezei (aluvionări masive în regiuni de contact munte - unități joase) și grosimi apreciabile ale stratelor de pietrișuri. În acest caz, aria - sursă a formațiunilor este situată la distanțe mai mari decât în cazul formațiunilor deluvio-proluviale.

Formațiunile proluviale au extindere mare în suprafață și în plan orizontal, pe dreapta Buzăului, de la confluența cu Nișcovul în aval.

Au rezultat din depunerea materialelor transportate pe râul Buzău la ieșirea din Subcarpați. Sunt alcătuite, în profil longitudinal, din pietrișuri și nisipuri cu granulometrie de la grosier la fin. Putem separa două tipuri de areale ale acestor formațiuni:

BCU "CAROL I" TRANSILVANIA UNIVERSITY LIBRARY

i. Primul tip se referă la o poală îngustă situată la partea inferioară a dealului, acolo unde canalele torențiale şi ogaşele se sfârşesc sub formă de conuri.

ii. Al doilea tip îl reprezintă conul Buzăului, ce cuprinde un areal mult mai extins şi în care materialele consituente sunt venite de la distanțe mult mai mari (inclusiv flişul subcarpatic). Acest con s-a constituit în mai multe faze, dominant în Pleistocenul superior şi Holocen.

b. *Formațiunile de terasă şi de luncă*:

- *formațiunile de terasă* sunt formațiuni fluviatile dispuse în lungul Buzăului, Slănicului, Nişcovului, Călnăului şi Săratei, alcătuite din bolovănişuri, pietrişuri şi nisipuri cu structură încrucişată şi grosimi variabile;

- *formațiunile de luncă* se extind în albia majoră a Buzăului şi afluenților săi şi sunt aluviuni holocene alcătuite din pietrişuri şi nisipuri (în Subcarpați) şi nisipuri (în lungul văilor din câmpie).

c. *Depozitele loessoide din Câmpia Română* sunt numite *baragan loess* şi conțin silt grosier, nisip fin şi praf. În regiunea Buzăului este un praf loessoid (de la nisipos la argilos) cu caractere apropiate loessului. Grosimea depozitului atinge obişnuit 8 - 15 m. Prezența lor semnalează un relief plat de câmpie aluvială.

În regiunea analizată, depozitele loessoide ocupă areale mari, mai ales înspre sud şi est.

d. *Formațiunile paludale* s-au format pe conul de dejecție al Buzăului, care antrenează o mare cantitate de apă freatică împrospătată mereu de ploi şi viituri. Ele se găsesc în porțiunile mai joase de pe conul de dejecție al Buzăului, acolo unde îşi au izvoarele afluenții râului Călmățui şi ai râului Sărata (Leotească), unde acestea intersectează pânza freatică dacă aceasta are un nivel mai ridicat. În perioada de secetă, când pânza freatică coboară mult, se produc sărături, remarcabile după culoarea alburie pe timp secetos sau după plantele halofile care cresc peste aceste locuri şi care au culoare roşiatică. Peste acestea cresc uneori şi plante de mlaştină (trestia, papura), uneori chiar sălcii.

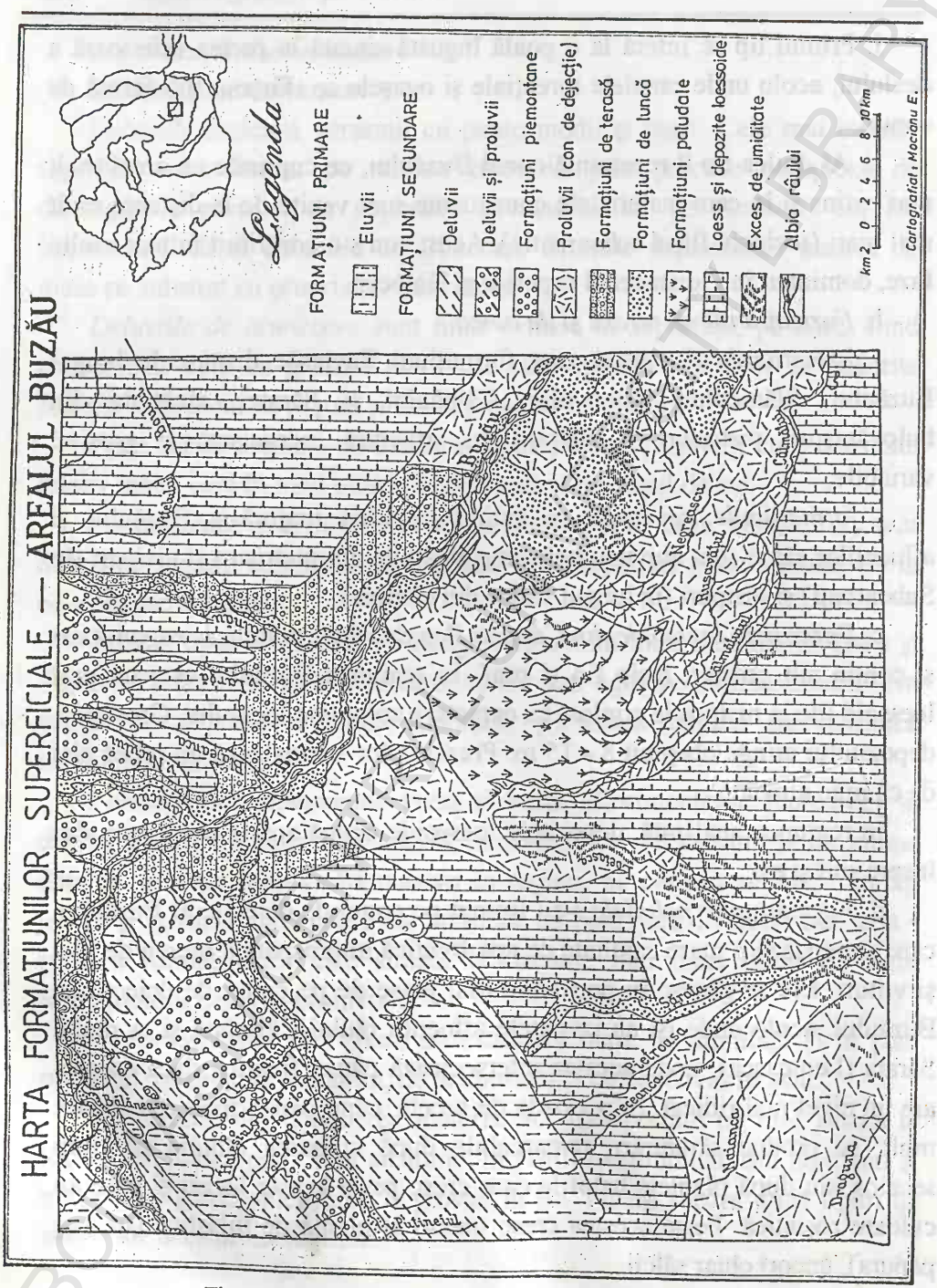


Fig. 72. Harta formațiunilor superficiale. Arealul Buzău

Folosirea simbolurilor

Elaborarea hărții formațiunilor superficiale și întocmirea legendei acesteia nu utilizează metode unice, general valabile pentru suprafețe extinse pe glob, pentru că fiecare areal are particularități proprii. Conținutul acestui tip de hartă pentru o regiune montană va fi diferit de cel al unei regiuni de litoral. Cu alte cuvinte, nu există o regulă generală, riguroasă, de care trebuie să se țină seama.

Reprezentarea tipului genetic de formațiuni constituie esența conținutului hărții.

Utilizarea haşurilor şi a semnelor din hărțile geomorfologice şi pedologice trebuie completată cu cea a unor simboluri (litere şi cifre). Notațiile care desemnează formațiunile superficiale sunt grupate astfel (tabelul nr. 26) (după Campy, Macaire, 1989, p. 21).

- notația principală: simplă sau compusă, cu litere majuscule latine, desemnează complexul sau ansamblul de formațiuni şi procesele dominante care le-au generat;
- notația subordonată: cu minuscule latine sau engleze (sau uneori cu majuscule latine sau engleze, dar de talie redusă), face precizări asupra formării: originea materialelor, cronologie relativă;
- indicii nu trebuie multiplicați excesiv, pot furniza indicații de ordinul trei: natura substratului, textura.
- notații care permit menționarea suprapunerilor, fie formațiuni superficiale între ele (de exemplu $\frac{FG}{G}$: pânză fluvio-glaciară sub morenă), fie formațiuni superficiale pe un substrat recunoscut (de exemplu $\frac{G}{J3}$: morenă pe marnă de Calovian).
- unele notații, consacrate de utilizare, sunt practice, dar folosirea lor ascunde uneori lipsa de cunoştințe aprofundate asupra procesului genetic (RS: "formațiuni reziduale" desemnează mari pânze superficiale complexe de tip "argile cu silex").

BCU IAȘI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabel 26. Notația cartografică a formațiunilor superficiale (după Campy şi Macaire, 1989)

Notații principale			Notații subordonate	
Alterite şi paleosoluri majuscule engleze	Depozite		Originea materialului constitutiv	Cronologie relativă
A - formațiuni de alterare (nediferențiate) *P* - paleosoluri *C* - încrustații calcaroase *S* - silicioase *F* - feruginoase	Proces unic majuscule latine	Procese combinate majuscule latine asociate	Indicele materialului care a alimentat formațiunea superficială	Litere latine minuscule Ordinul unu: în ordine invers alfabetică, "z" fiind pentru formațiunile cele mai recente. Ordinul doi: în ordine alfabetică, "a" fiind pentru formațiunile cele mai vechi Exemple: Fw, Fx, Fy, Fza, Fzb (aluviuni din ce în ce mai recente)
	X - depozite artificiale, ramblee R - formațiuni reziduale M - depozite marine şi litorale F - depozite fluviatile J - conuri de dejecție P - depozite de piemont, împrăştieri de glacis L - depozite lacustre G - depozite glaciare E - grohotişuri de gravitație C - coluvii S - depozite de solifluxiune N - pânze de nisipuri eoliene D - dune OE - loess T - turbării U - depozite de precipitare chimică, tufuri, travertine V - proiecții vulcanice	Exemple: FG: depozite fluvio-glaciare RF: formațiuni reziduale şi fluviatile imbricate FC: aluvii, coluvii	Exemple: Ej_2: grohotiş (E) alimentat de calcare batoniene Rm_2a: formațiuni reziduale rezultate din roci helvețiene	

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

11. HARTA PRETABILITĂȚII TERENURILOR PENTRU SISTEMATIZARE

Analiza dinamicii reliefului are ca scop şi punerea în evidenţă a efectului acesteia asupra populaţiei şi implicit a măsurilor care trebuie luate în vederea sistematizării teritoriului.

Harta pretabilităţii terenurilor pentru sistematizare este o hartă sintetică elaborată pe baza caracteristicilor dinamice ale reliefului, care propune amenajările ce se impun pentru preîntâmpinarea accelerării ritmului de desfăşurare a unor procese ce pot conduce la dezechilibre.

Harta pe care o propunem ca model este realizată pe un bazin hidrografic cu suprafaţă mică ($22km^2$). Bazinele hidrografice sunt unităţile-etalon optime pentru amenajări şi sistematizări teritoriale.

Ca şi în cazul altor hărţi geomorfologice sintetice, şi harta pretabilităţii terenurilor pentru sistematizare se elaborează pe baza cercetărilor directe în teren şi a hărţilor analitice. De asemenea ea presupune studii geografice detaliate pentru toate componentele mediului, inclusiv a populaţiei şi aşezărilor.

Legenda hărţii trebuie adaptată în funcţie de conţinutul hărţii, care se realizează în concordanţă cu caracteristicile geografice, inclusiv ale dinamicii reliefului, regiunii analizate.

Redăm ca model hărţile asupra unor caracteristici ale reliefului:

- ierarhizarea reţelei hidrografice şi hipsometria (fig. 73)
- adâncimea fragmentării reliefului (fig. 74)
- densitatea fragmentării reliefului (fig. 75)
- pantele (Mihai Grigore, 1979) (fig. 76)
- procesele geomorfologice (fig. 77)

Ierarhizarea reţelei hidrografice în sistem Horton - Strahler şi calcularea unor indici geomorfometrici (vezi *Potenţialul morfodinamic)* permit

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

estimarea, pe ansamblu, a dinamicii bazinului hidrografic (vezi *Modelul morfometric al drenajului*). De exemplu, raportul de confluență de 4,8 și indicele de realizare a bazinului Talea pentru ordinul 4, pe care îl are, este de 0,40, indicând un potențial ridicat al eroziunii regresive pentru a atinge valoarea 1.

Treptele hipsometrice sunt analizate ca potențial de utilizare, avându-se în vedere suprafețele cvasiorizontale și versanții.

Adâncimea și densitatea fragmentării reliefului se calculează pe cartograme pentru a avea unități de măsură etalon. Este indicat să se elaboreze și hărți cu izolinii pentru acești parametri, fiind mult mai concludente pentru raportul dintre dinamica versanților și cea a albiilor.

Elaborarea hărții densității fragmentării reliefului se bazează pe calcularea lungimii totale a rețelei de cursuri de râuri permanente și temporare în kilometri și raportarea acesteia la unitatea de suprafață - kilometrul pătrat. Deci $D = \frac{L}{S}$ (km/km^2 sau km/ha) în care D este densitatea fragmentării, L este lungimea rețelei de râuri (km) și S este unitatea de suprafață (km^2 sau ha).

De pe harta topografică se extrag cu multă atenție toate cursurile de apă permanente și temporare care apoi se măsoară cu ajutorul curbimetrului sau pur și simplu cu al unei fâșii de hârtie care apoi se suprapune pe scara grafică a hărții topografice aflându-se direct lungimea în km a rețelei totale dintr-un carou de 1 km^2.

Harta adâncimii fragmentării reliefului prin metoda cartogramelor se realizează astfel: de pe harta topografică se extrag toate elementele bazei geografice generale ale sectorului analizat. Se trasează apoi rețeaua de carouri de 1 km^2 ori de 1 ha. Se calculează valoarea adâncimii fragmentării reliefului în fiecare carou facându-se diferența între altitudinea maximă și altitudinea minimă din carou respectiv, iar valoarile obținute se înscriu în centrul fiecărui pătrat.

Legenda hărții are în vedere dispunerea datelor pe intervale caracteristice de la valoarea minimă la valoarea maximă în cadrul sectorului analizat. Carourile cu valorile cuprinse într-un interval se haşurează la fel, obținându-se în final atâtea haşuri câte clase de intervale sunt în legendă.

În urma analizei geografice complexe a bazinului Talea (Grecu și colab., 1998), s-au identificat areale cu pretabilități specifice pentru sistematizare (fig. 78). Metoda folosită a fost cea a suprapunerii hărților, utilizată și în elaborarea hărților sintetice în GIS.

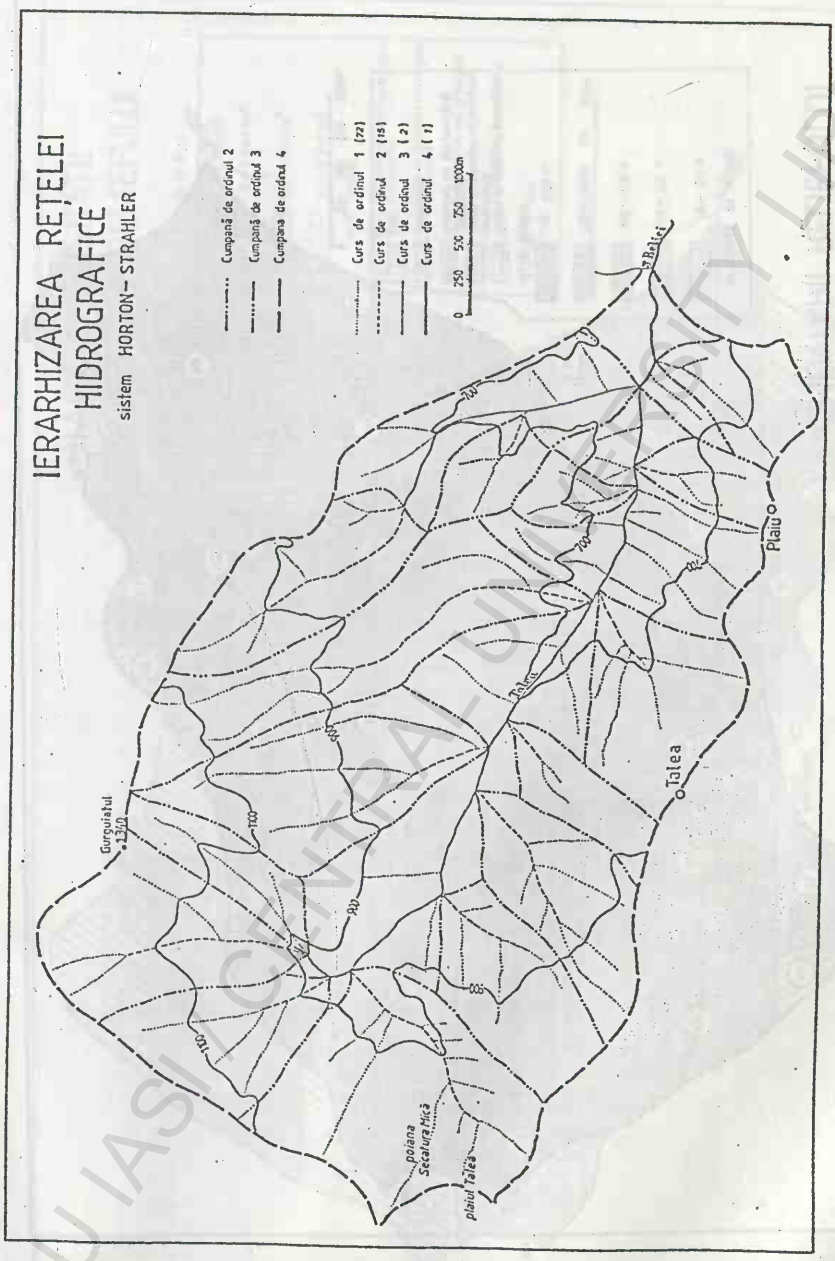


Fig. 73. Ierarhizarea rețelei hidrografice și hipsometria

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

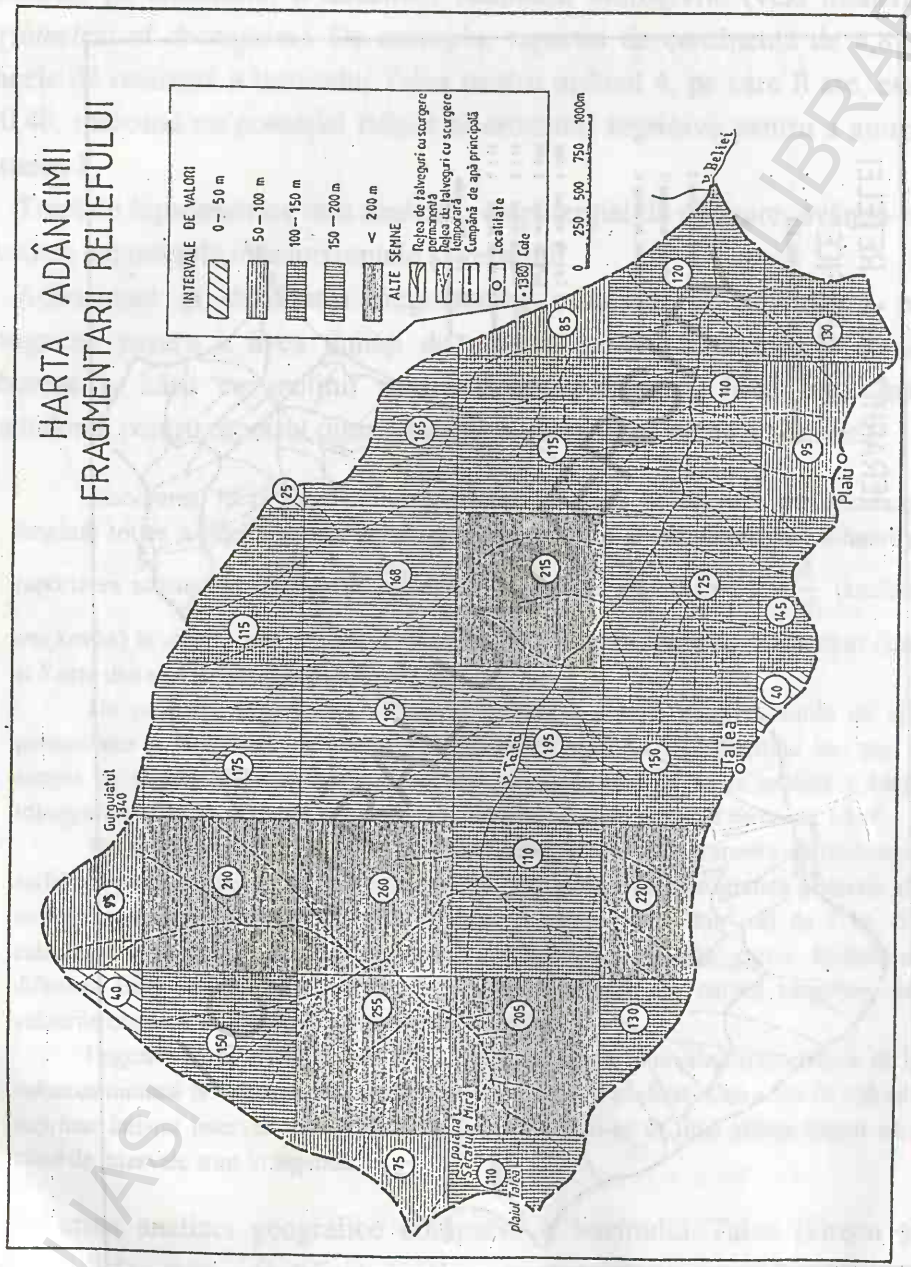


Fig. 74. Adâncimea fragmentării reliefului

BCU IASI LIBRARY

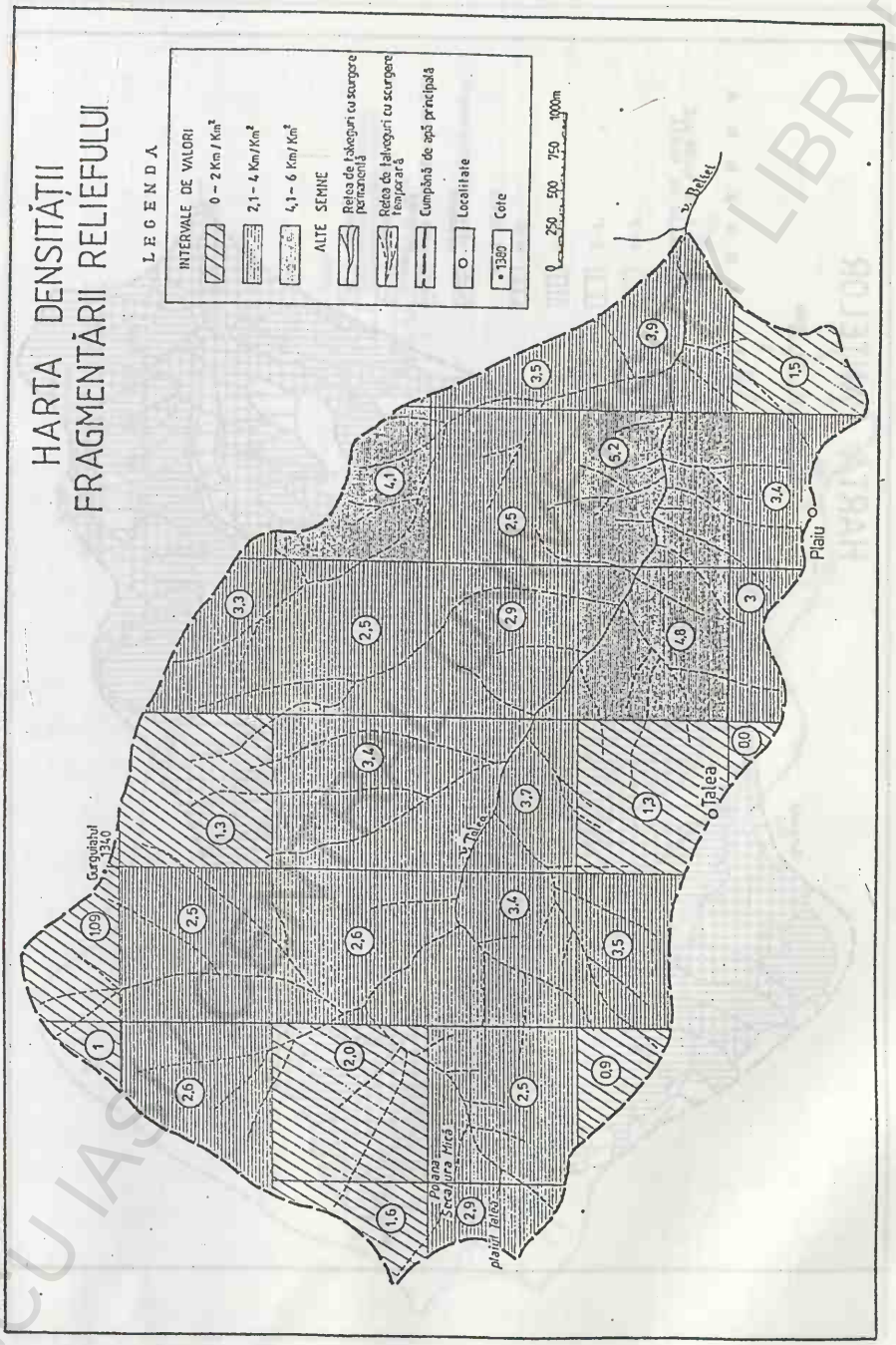


Fig. 75. Densitatea fragmentării reliefului

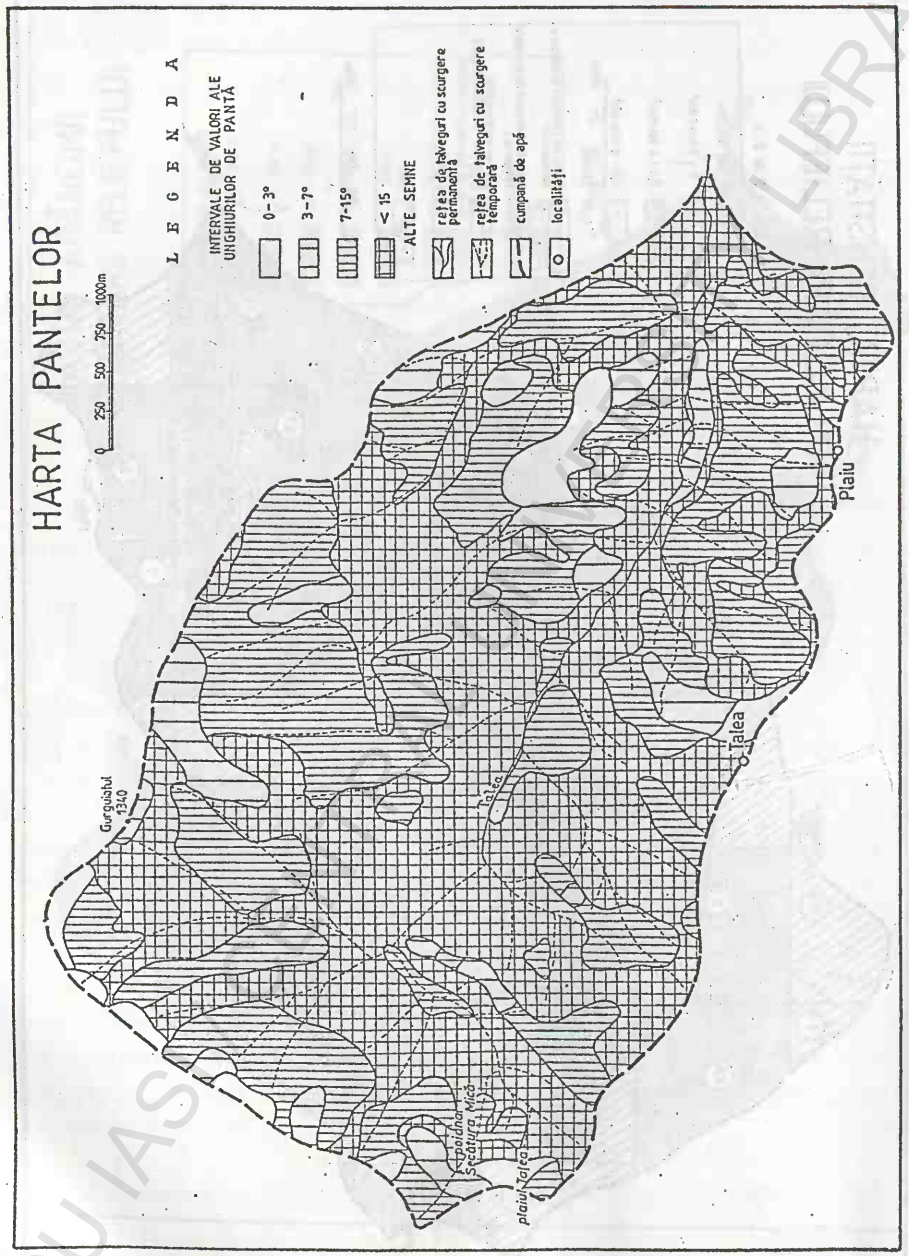


Fig. 76. Harta pantelor

BCU IAȘI LIBRARY

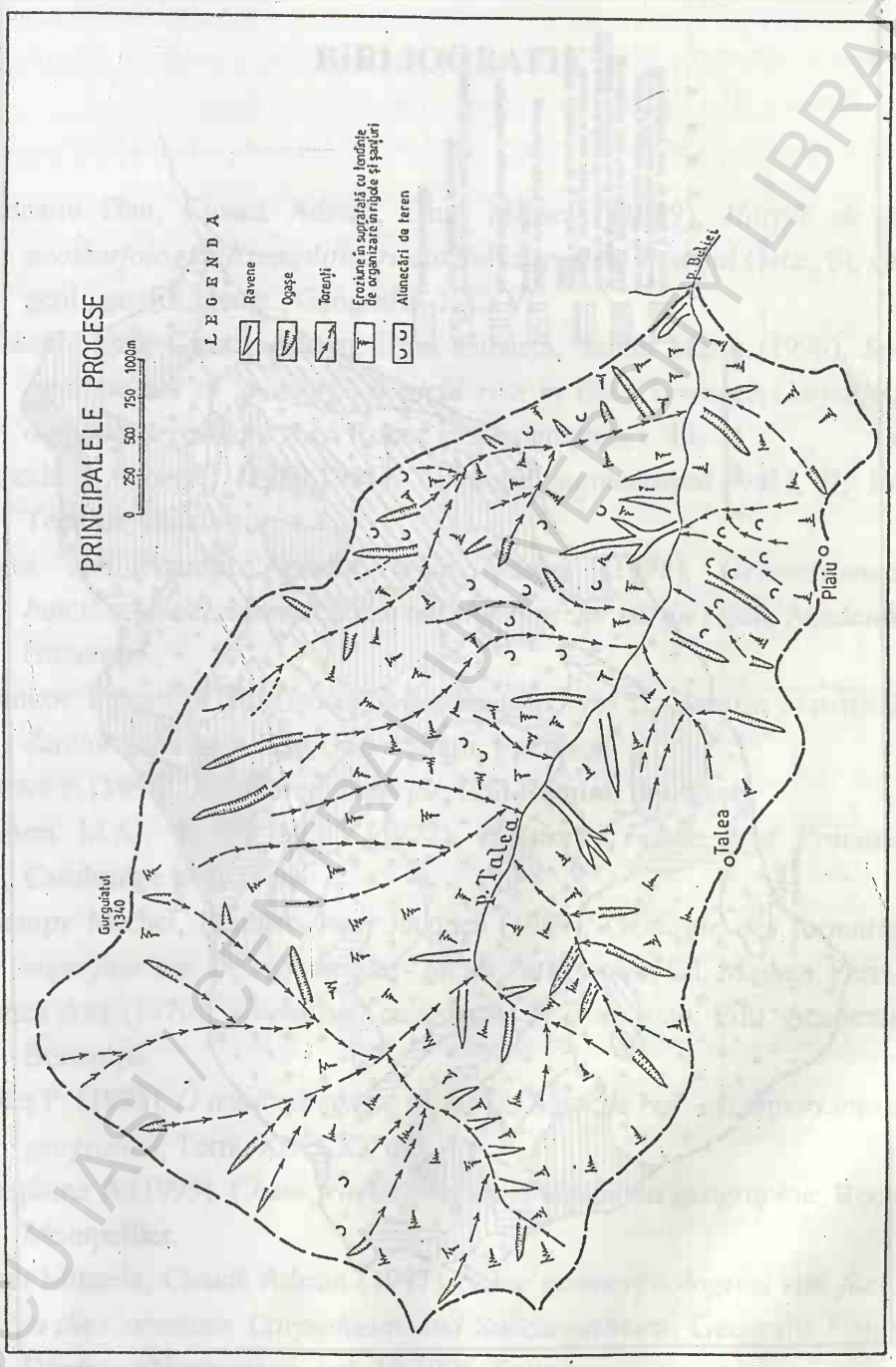


Fig. 77. Procesele geomorfologice actuale

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

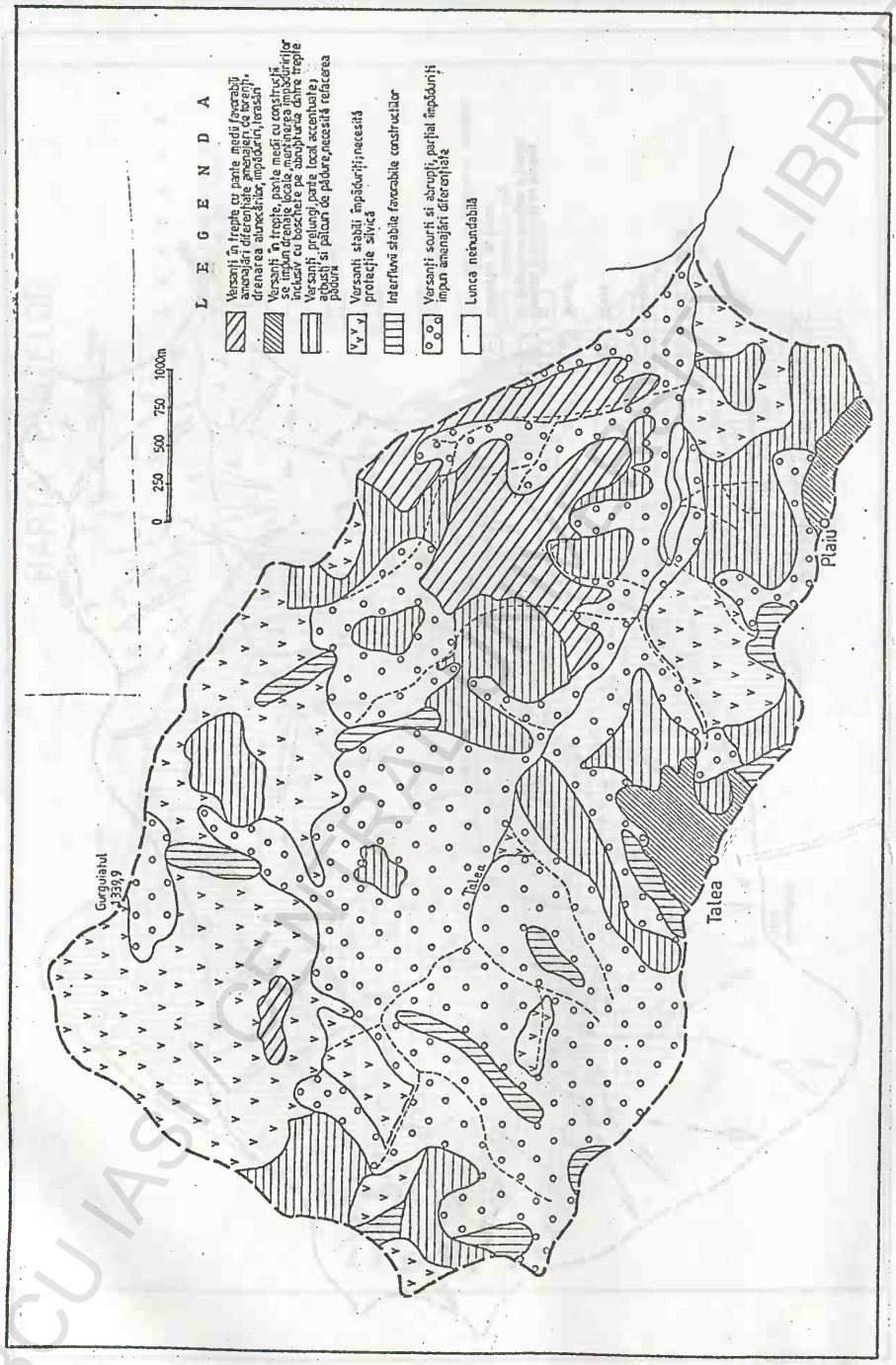


Fig. 78. Pretabilitatea terenurilor pentru sistematizare

BIBLIOGRAFIE

Bălteanu Dan, Cioacă Adrian, Dinu Mihaela (1989), *Hărţile de risc geomorfologic (Exemplificări din Subcarpaţii şi Podişul Getic*, St. cerc. geol., geofiz., geogr., Geografie, XXXVI.

Bălteanu Dan, Cioacă Adrian, Dinu Mihaela, Sandu Maria (1996), *Some case studies of geomorphological risc în the Curvature Carpathians and Subcarpathians*,Rev. Roum. de Geographie, t. 40.

Băncilă I. (coord.) (1980,1981), *Geologie inginerească*, vol.I, II, Edit. Tehnică, Bucureşti.

Bojoi Ion, Apetrei Apostol,Vârlan Marcel (1998), *Geomorfometria luncilor.Model de analiză din bazinul superior alJijiei*,Edit. Academiei, Bucureşti.

Bomboe Petre (1979), *Geologie marematică*, vol. I, *Analiza statistică a datelor geologice*, Edit.Universităţii, Bucureşti.

Boutot A.(1995), *Inventarea formelor*, Edit Nemira, Bucureşti.

Carson M.A., Kirkby M. Y.(1972), *Hillslope. Forms and Processes*, Cambridge Univ.Press.

Champy Michel, Macaire Jean Jacques (1989), *Géologie des formations superficielles. Géodynamique - facies - utilisation*, Ed. Masson, Paris.

Conea Ana (1970), *Formaţiuni cuaternare în Dobrogea*, Edit. Academiei, Bucureşti.

Coteţ P. (1978), *O nouă categorie de hărţi - hărţi de risc - şi importanţa lor geografică*, Terra, X(XXX), nr3.

Dauphine A.(1995), *Chaos,fractales et dynamiques en geographie*, Reclus, Montpellier.

Dinu Mihaela, Cioacă Adrian (1997), *Some geomorphological risk factors in the Curvature Carpathians and Subcarpathians*, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, vol. 19/1996, Torino.

BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Florea M.N (1979), *Alunecări de teren şi taluze*, Edit. Tehnică, Bucureşti.

Florea N. (coord.) (1987), *Metodologia elaborării studiilor pedologice*, Partea a III-a, *Indicatorii ecopedologici*, ICPA, Bucureşti.

Gârbacea V., Grecu Florina (1994), *Dealurile Soalei. Caractere geomorfologice*, Studii şi cercetări de geografie, t.XLI.

Grecu Florina (1980), *Modelul morfometric al lungimii reţelei de râuri din bazinul Hârtibaciului*, St. cerc. geol., geofiz., geogr., Geografie, t. XXVII, nr.2.

- (1981), *Modelele morfometrice ale suprafeţelor şi perimetrlor din bazinul Hârtibaciu*, St.cerc. geol., geofiz., geogr., Geografie, t. XXXVIII.

- (1983), *Le bassin hydrographique du Hârtibaciu (Depression de Transylvanie) - Modeles morphometrique des pentes*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., Géographie, t.27.

- (1989), *Elemente de analiză morfometrică a bazinelor hidrografice. Aplicaţii la bazinul Hârtibaciului (Podişul Transilvaniei)*, Acad. Rom., Mem. secţ. şt., IX, 1/1986.

- (1992), *Bazinul Hârtibaciului.Elemente de morfohidrografie*, Edit. Academiei, Bucureşti.

- (1996), *Expunerea la risc a terenurilor deluroase*, în vol. *A II-a Conferinţă regională de geografie*, Timişoara.

- (1997a), *Fenomene naturale de risc - geologice şi geomorfologice*, Edit. Universităţii, Bucureşti.

- (1997b), *Etapele întocmirii hărţii expunerii la risc a terenurilor din bazine hidrografice de deal.Bazinul Calvei (Podişul Transilvaniei - 46^0 lat. N)*, Acad. Rom., Mem. secţ. şt., Seria IV, t.XVII/1994.

- (1997c), *Gheaţă şi gheţari. Introducere în glaciologie*, Edit. Tehnică, Bucureşti.

Grecu Florina, Demeter Traian (1997), *Geografia formaţiunilor superficiale*, Edit. Universităţii, Bucureşti.

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Grecu Florina, Comănescu Laura (1997), *Determinări cantitative ale riscului geomorfologic în sisteme hidrografice. Bazinul Calvei*, Studii şi cercetări de geografie, t. XLIV.

Grigore Mihai (1979), *Reprezentarea grafică şi cartografică a formelor de relief*, Edit. Academiei, Bucureşti.

Hammond R., McCullagh S. (1977), *QuantitativeTechniques in Geography. An Introduction*, Clarendon Press, Oxford.

Ichim I., Bătuca Dan, Rădoane Maria, Duma Didi (1989), *Morfologia şi dinamica albiilor de râu*, Edit. Tehnică, Bucureşti.

Jipa Dan (1987), *Analiza granulometrică a sedimentelor*, Edit. Academiei, Bucureşti.

Josan N., Petrea Rodica, Petrea Dănuţ (1996), *Geomorfologie generală*, Edit.Universităţii, Oradea.

King J. L.(1969), *Statistical analysis în geography*, Prentice Hall Inc., New York.

Kirkby M. J., Naden P.S., Burt T. P., Butcher D.P.(1987), *Computer simulation in physical geography*, John Wiley & Sons, Londra.

Kotleakov V.M. red (1984), *Glaţiologhiceskii slovari* (în limba rusă), Leningrad Ghidrometeoizd.

Mac I. (1986), *Elemente de geomorfologie dinamică*, Edit. Academiei, Bucureşti.

Marinescu C.(1988), *Asigurarea stabilităţii terenurilor şi versanţilor*, I, Edit. Tehnică, Bucureşti.

Mehedinţi Simion (1931), *Terra.Introducere în geografie ca ştiinţă*, Edit. Naţională, Bucureşti.

Morariu Tiberiu, Velcea Valeria (1972), *Principii şi metode de cercetare în geografia fizică*, Edit. Academiei, Bucureşti.

Moţoc M.(coord.) (1975), *Eroziunea solului şi metode de combatere*, Edit. Ceres, Bucureşti.

Moţoc M., Vatău A. (1992), *Indicatori privind eroziunea solului*, Med. înconj., vol.III, nr.3.

BCU IAŞI / CENTRUL UNIVERSITAR LIBRARY

Munteanu S. A. (coord.) (1991,1993), *Amenajarea bazinelor hidrografice torenţiale prin lucrări silvice şi hidrotehnice*, vol. I, II, Edit. Academiei, Bucureşti.

Mureşan D., Pleşa I.(coord.) (1992), *Irigări, desecări şi combaterea eroziunii solului*, Edit. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Năstase Anton (1997), *Topografie*, Edit. Universităţii, Bucureşti.

Neguţ Silviu (1997), *Modelarea matematică în geografia umană*, Edit. Stiinţifică, Bucureşti.

Oliver D.(1996), *Fractali*, Edit. Teora, Bucureşti.

Pană Ioana (1987), *Geologie marină*, Tipografia Universităţii, Bucureşti.

Pătru Ileana Georgeta (1998), *Iniţiere în statistica aplicată în geografie*, Edit.Universităţii, Bucureşti.

Pech P. (1988), *Méthode statistique pour la cartographie des zones exposees a des risques (L'exemple d'Ossola - Italie du Nord - 46^0N)*, Revue de geomorphologie dynamique, nr.2.

Pişota I., Zaharia Liliana (1995), *Hidrologie. Lucrări practice*, Edit. Universităţii, Bucureşti.

Posea Gr., Popescu N.(1964), *Harta geomorfologică generală*, Anal. Univ. Bucureşti, Seria St. naturii, Geol. - Geogr., anul XIII, nr.1.

Posea Gr., Grigore M., Popescu N., Ielenicz M.(1976), *Geomorfologie*, Ed. Did. şi Ped., Bucureşti.

Rădoane Maria, Rădoane N., Ichim I., Dumitrescu Gh., Ursu C. (1996), *Analiza cantitativă în geografia fizică*, Edit. Univ. "Al. I. Cuza", Iaşi.

Richards K.(1985), *Rivers. Form and Process in Alluvial Channels*, Methuen, London-New York

Roach D. E., Fowler A.D. (1993), *Dimensionality analysis of patterns: fractal measurements*, Computers and Geosciences, vol.19, nr.6, Pergamon Press Ltd, Londra.

Ruhin L. B.(1966), *Bazele litologiei*, Edit. Tehnică, Bucureşti.

Sandu Maria (1994), *Harta de risc geomorfologic a culoarului depresionar Sibiu - Apold*, Lucrările Sesiunii ştiinţifice anuale 1993, Academia Română, Inst. de Geografie, Bucureşti.

ROMÂNĂ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sauvain A.P.(1987), *Advanced Techniques Statistics*, Liverpool.

Scheidegger A. E.(1994), *Hazards: Singularities în Geomorphic System*, Geomorphology, vol.10, Edit. Elsevier, Amsterdam.

Schreiber W.(1980), *Harta riscului intervenţiilor antropice în peisajul geografic al Munţilor Harghita*, St. cerc. geol., geofiz., geogr., Geografie, t.XXVII, nr.1.

Schumm S. A.(1977), *The Fluvial System*, John Wiley, Londra.

Seliverstov I. P.(1986), *Problemî hiperghennoi gheomorfologhi* (lb.rusă), Izd.Univ.Leningrad

Snow R.S., Mayer L.(1992), *Fractals in Geomorphology*, Geomorphology, vol.8, nr.5, Edit. Elsevier, Amsterdam.

Strahler A. N.(1950), *Equilibrum theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis,* în Schumm S., Mosley P.(1973), *Slope Morphology*, Dowden, Hutchinson& Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania.

Tovissi J.(1972), *Indrumător în cercetări de geomorfologie (metode sedimentologice)*, vol. xerox., Univ. "Babeş - Bolyai", Cluj Napoca.

Tricart J., Vogt H.(1967), *Quelques aspects du transport des alluvions grossiers et faconnement des lits fluviaux*, Extras, Biblioteca Facultăţii de Geografie, Bucureşti.

Turcotte D.(1992), *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*, Cambridge Univ. Press.

Tufescu V.(1966), *Modelarea naturală a reliefului şi eroziunea accelerată*, Edit. Academiei, Bucureşti.

Vancea A.(1960), *Neogenul din Bazinul Transilvaniei*, Edit Academiei, Bucureşti.

Vâlsan G.(1945), *Procese elementare în modelarea scoarţei terestre*, Bucureşti.

Zachar D.(1982), *Soil Erosion*, Edit. Elsevier, Amsterdam.

Zăvoianu I.(1978), *Morfometria bazinelor hidrografice*, Edit. Academiei, Bucureşti.

BCU "BABEŞ-BOLYAI" UNIVERSITY LIBRARY

Zachar D.(1982), *Soil Erosion*, Edit. Elsevier, Amsterdam.

Zăvoianu I.(1978), *Morfometria bazinelor hidrografice*, Edit. Academiei, Bucureşti.

- (1985), *Morphometry of Drainage Basins*, Edit Elsevier, Amsterdam.

Zăvoianu I., Dragomirescu S.(1994), *Asupra terminologiei folosite în studiul fenomenelor naturale extreme,* Studii şi cercetări de geografie, t.XLI.

+++ *Harta solurilor României*, foile *Sibiu* (1971), *Târgu Mureş* (1994), *Ploieşti* (1986), scara 1:200.000, Institutul de Cercetări pentru Pedologie şi Agrochimie, Bucureşti.

+++ *Harta gelogică a României*, foile *Sibiu* (1968), *Târgu Mureş* (1968), *Ploieşti* (1968), scara 1:200.000, Institutul Geologic, Bucureşti.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ANEXA 1

Distribuția Student. Tabel cu valorile lui *t* ce corespund cu probabilitatea specifică şi gradele de libertate

p este probabilitatea unei valori mai la extremă decât *t*

p' este probabilitatea (exprimată ca procent) a unei valori mai puțin extreme decât *t*.

Grade de libertate	p = 0,1 p' = 90%	p = 0,05 p' = 95%	p = 0,02 p' = 98%	p = 0,01 p' = 99%	p = 0,001 p' = 99,9%
1	6,31	12,71	31,82	63,66	636,62
2	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
3	2,35	3,18	4,54	5,84	12,94
4	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
5	2,02	2,57	3,37	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
7	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
8	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
20	1,73	2,09	2,53	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,50	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,49	2,80	3,75
25	1,71	2,06	2,49	2,79	3,73
26	1,71	2,06	2,48	2,78	3,71
27	1,70	2,05	2,47	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,47	2,76	3,67
29	1,70	2,05	2,46	2,76	3,66
30	1,70	2,04	2,46	2,75	3,65
40	1,68	2,02	2,42	2,70	3,55
60	1,67	2,00	2,39	2,66	3,46

BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

ANEXA 2

Valorile funcției interne ϕ^{-1}

Probabilitatea	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	-∞	-3,09	-2,88	-2,75	-2,65	-2,58	-2,51	-2,46	-2,11	-2,37
0,05	-1,64	-1,64	-1,63	-1,62	-1,61	-1,60	-1,59	-1,58	-1,57	-1,56
0,10	-1,28	-1,28	-1,27	-1,26	-1,26	-1,25	-1,25	-1,24	-1,24	-1,23
0,15	-1,04	-1,03	-1,03	-1,02	-1,02	-1,02	-1,01	-1,01	-1,01	-1,00
0,20	-0,84	-0,84	-0,83	-0,83	-0,83	-0,82	-0,82	-0,82	-0,81	-0,81
0,25	-0,67	-0,67	-0,67	-0,67	-0,66	-0,66	-0,66	-0,65	-0,65	-0,65
0,30	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,51	-0,51	-0,51	-0,50	-0,50	-0,50
0,35	-0,39	-0,38	-0,38	-0,38	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,36	-0,36
0,40	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,23	-0,23
0,45	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,10
0,50	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
0,55	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15
0,60	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28
0,65	0,39	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,41	0,41
0,70	0,52	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55
0,75	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70
0,80	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87
0,85	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
0,90	1,28	1,29	1,29	1,30	1,30	1,32	1,32	1,32	1,33	1,33
0,95	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74
1,00	2,33	2,37	2,41	2,46	2,51	2,58	2,65	2,75	2,88	3,09

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ANEXA 3

Coeficientul de corelație al lui Spearman

Valorile critice ale lui r_s pt. $N = 4$ până la $N = 30$ la nivelele de semnificație 0,05 și 0,01. Cu cât este mai mare valoarea lui r_s, cu atât mai semnificativ este rezultatul. Pentru mai mult de $N = 30$ valori, valoarea critică a lui r_s se modifică foarte puțin.

N	Nivel de semnificație	
	0,05	0,01
4	1,000	
5	0,900	1,000
6	0,829	0,943
7	0,714	0,893
8	0,643	0,833
9	0,600	0,783
10	0,564	0,746
12	0,506	0,712
14	0,456	0,645
16	0,425	0,601
18	0,399	0,564
20	0,377	0,534
22	0,359	0,508
24	0,343	0,485
26	0,329	0,465
28	0,317	0,448
30	0,306	0,432

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tiparul s-a executat sub c-da nr. 447/1998,
la Tipografia Editurii Universităţii din Bucureşti

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Conținutul de fond al lucrării se axează pe *sistemul de analiză cantitativă a reliefului* și pe o aplicare, de o anumită specificitate, la unele bazine morfohidrografice existente pe teritoriul României.

Analiza urmărește probleme legate de versanți, albii de râuri, depozite, corelate ca expresie a interferențelor genetice, de evoluție și cronologie dintre versanți și albii fluviatile, analize granulometrice (indici morfometrici), rata medie de denudare pe bazine morfohidrografice, corelații dintre suprafețe și perimetre la bazine morfohidrografice, marcate de idei originale de aplicare etc. Dintre multiplele tipuri genetice de relief, s-a ales ca o modalitate de exemplificare relieful glaciar, alături de gheață, elemente ce completează obiectiv *cursul de glaciologie* publicat recent de autoare. Analiza fractală și calculele determinate de ea se regăsesc, de asemenea, în acestă lucrare, de altfel și ca o primă abordare a ei în cadrul literaturii geografice românești. Se adresează cu prioritate studenților din anii mai mari, doctoranzilor, cercetătorilor și altor categorii de specialiști.

Mihai GRIGORE
Facultatea de Geografie, București

ISBN - 973 - 575 - 242 - 5

Lei 35.000

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3,50